دراسة تراكيز بعض العناصر الثقيلة والمتوسطة في بعض أنواع الحبوب المستهلكة في الأردن باستخدام تقنية تألق الأشعة السينية.

إعداد

فارس "محمدعلي" فارس سالم

إشراف

الدكتور خالد موسى أبو مراد

الفيزياء

27 ذو القعدة 1422

18 كانون أول 2006

دراسة تراكيز بعض العناصر الثقيلة والمتوسطة في بعض أنواع الحبوب المستهلكة في الأردن باستخدام تقنية تألق الأشعة السينية.

إعداد

فارس "محمدعلي" فارس سالم

بكالوريوس فيزياء، الجامعة الهاشمية 2003 م

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات الحصول على درجة ماجستير علوم في الفيزياء من قسم الفيزياء، جامعة اليرموك، اربد، الأردن.

وافق عليها

خالد موسى أبو مراد.. رئيساً

أستاذ مشارك في الفيزياء النووية، جامعة اليرموك

عدنان محمد إسماعيل.. عضواً

أستاذ مشارك في فيزياء الحالة الصلبه، جامعة اليرموك والجامعة الألمانية الأردنية

انس محمد عبابنه.. عضواً

أستاذ مساعد في الفيزياء الحيوية، جامعة اليرموك

ختام "محمدعلي" خصاونه.. عضواً

أستاذ مساعد في الفيزياء الذرية، جامعة اليرموك

27 ذو القعدة 1422

18 كانون أول 2006

الإهداء

إلى روح والدي الغالي رحمه الله على ما قدمه لي في حياته

إلى أمي الحبيبة

إلى أخواني وأخواتي وأصدقائي

شكر وتقدير

يشرفني أن أتقدم بالشكر الجزيل والامتنان الكبير إلى أستاذي ومشرفي الدكتور خالد موسى أبو مراد بعلمه وأخلاقه على ما قدمه لي من توجيه وإرشاد ورعاية لإتمام هذا العمل بالصورة التي عليها. كما أتقدم بالشكر إلى أعضاء لجنه المناقشة على جهودهم التي بذلوها لإخراج هذا العمل بصورته الحالية. وأتقدم أخيراً بشكر خاص إلى الأهل على ما قدموا من دعم وتشجيع، وما تحملوا طيلة فترة الدراسة.

المحتوى

الإهداء .... ج

شكر وتقدير.. د

المحتوى.. هـ

قائمة الجداول.. ح

قائمة الأشكال..ط

الملخص (بالعربية).. ك

الفصل الأول : المقدمة

المقدمة..1

الفصل الثاني : النظري

2-1 الأشعة السينية.. 6

2-2 تقنية تألق الأشعة السينية.. 7

2-3 إنتاج الأشعة السينية.. 8

2-4 طيف الأشعة السينية.. 9

2- 5 شروط تحرير الالكترونات من مداراتها.. 10

2-6 انبعاث طيف تألق الأشعة السينية.. 11

2-7 المستويات الالكترونية وقواعد الاختيار.. 12

2-8 المتسلسلات الطيفية في الأشعة السينية 12

2- 9 قانون موسلي.. 14

2-10 اثر اوجية.. 14

2- 11 ناتج التألق.. 14

2 – 12 أنواع التألق 16

2-13 تفاعل الأشعة السينية مع المادة 16

2-13- A الامتصاص.. 16

2-13- B التشتت.. 17

الفصل الثالث : العملي

3-1 تحضير العينات.. 19

3-2 مطياف تألق الأشعة السينية ED X- 800HS 20

3-3 مكشاف السليكون المبتل بالليثيوم (Si Li(Detector 21

3-4 تحليل العينات.. 24

3- 5 معايرة الطاقة.. 24

3-6 معايرة الحساسية.. 25

3-7 أنواع التحليل المستخدمة في تحليل العينات.. 26

3-7-1 التحليل النوعي.. 26

3-7-2 التحليل الكمي.. 26

3-8 مصداقية النتائج 27

الفصل الرابع : عرض النتائج وتحليلها

مقدمه.. 28

4-1 العناصر التي تم قياس تراكيزها.. 29

4-2 وصف عينات الدراسة.. 29

4-3 نتائج التحليل ومناقشتها.. 31

4-3-1 نتائج تحليل عينات الأرز.. 31

4-3-1- A مقارنه تراكيز العناصر المتوسطه في عينات الأرز................ 32

4-3-1- B مقارنه تراكيز العناصر الثقيلة في عينات الأرز.................... 34

4-3-2 نتائج تحليل عينات الفول 37

4-3-2-A مقارنه تراكيز العناصر المتوسطه في عينات الفول.................. 38

4-3-2- B مقارنه تراكيز العناصر الثقيلة في عينات الفول.................... 40

4-3-3 نتائج تحليل عينات العدس.. 42

4-3-3-A مقارنه تراكيز العناصر المتوسطه في عينات العدس............... 43

4-3-3- B مقارنه تراكيز العناصر الثقيلة في عينات العدس.................. 45

4-3-4 نتائج تحليل عينات الحمص.. 48

4-3-4-A مقارنه تراكيز العناصر المتوسطه في عينات الحمص.............. 49
4-3-4- B مقارنه تراكيز العناصر الثقيلة في عينات الحمص................. 51
4-3-5 نتائج تحليل عينات القمح 53
4-4 مصداقية النتائج.. 55
الفصل الخامس : الاستنتاجات والتوصيات.. 59
المراجع.. 61
الملخص (بالإنجليزية).. 63

قائمة الجداول

رقم الجدول	موضوع الجدول	الصفحة
4-1	أنواع العينات التي تم دراستها ومصدرها والرمز المستخدم لها	30
4-2	متوسط تراكيز بعض العناصر في عينات الأرز	31
4-3	متوسط تراكيز بعض العناصر في عينات الفول	37
4-4	متوسط تركيز بعض العناصر في عينات العدس	42
4-5	متوسط تركيز بعض العناصر في عينات الحمص	48
4-6	متوسط تركيز بعض العناصر في عينات القمح	53
4-7	تركيز عنصر الحديد في محاولات مختلفة في إحدى عينات الأرز الأمريكي	55
4-8	تركيز عنصر الرصاص في محاولات مختلفة في إحدى عينات الأرز الأمريكي	56
4-9	الكتلة المضافة من الخارصين وشدة الطيف الناتج	57

قائمة الأشكال

رقم الشكل	موضوع الشكل	الصفحة
1-2	شكل توضيحي يبين تركيب أنبوبة الأشعة السينية	8
2-2	خطوط الطيف المميزة للمادة	13
1-3	مقطع عرضي لمكشاف السيلكون المبتل بالليثيوم	21
2-3	دائرة مكشاف السيلكون المبتل بالليثيوم	23
3-3	الطيف الناتج عن إحدى العينات	24
4-3	منحنى الحساسية في حالة العناصر المتوسطة	25
1-4	مقارنه تركيز عنصر البوتاسيوم K في عينات الأرز	32
2-4	مقارنه تراكيز عناصر الحديد والنحاس والخارصين في عينات الأرز	33
3-4	مقارنه تراكيز عنصري المنغنيز والكوبالت في عينات الأرز	33
4-4	مقارنه تراكيز عناصر الكادميوم والقصدير والسيزيوم في عينات الأرز	35
5-4	مقارنه تراكيز عناصر الرصاص والثوريوم اليورانيوم في عينات الأرز	35
6-4	مقارنه تركيز عنصر البوتاسيوم K في عينات الفول	38
7-4	مقارنه تراكيز عناصر الحديد والنيكل والنحاس والخارصين في عينات الفول	39
8-4	مقارنه تراكيز عنصري المنغنيز والكوبالت في عينات الفول	39
9-4	مقارنه تراكيز عناصر الكادميوم والقصدير والسيزيوم في عينات الفول	40
10-4	مقارنه تراكيز عناصر الرصاص والثوريوم اليورانيوم في عينات الفول	41
11-4	مقارنه تركيز عنصر البوتاسيوم K في عينات العدس	43
12-4	مقارنه تراكيز عناصر الحديد والنيكل والنحاس والخارصين في عينات العدس	44
13-4	مقارنه تراكيز عنصري المنغنيز والكوبالت في عينات العدس	45
14-4	مقارنه تراكيز عناصر الكادميوم والقصدير والسيزيوم في عينات العدس	46
15-4	مقارنه تراكيز عناصر الرصاص والثوريوم اليورانيوم في عينات العدس	46
16-4	مقارنه تركيز عنصر البوتاسيوم K في عينات الحمص	49

4-17 مقارنه تراكيز عناصر الحديد والنيكل والنحاس والخارصين في
عينات الحمص . 50
4-18 مقارنه تراكيز عنصري المنغنيز والكوبالت في عينات الحمص 50
4-19 مقارنه تراكيز عناصر الكادميوم والقصدير والسيزيوم في عينات الحمص 51
4-20 مقارنه تراكيز عناصر الرصاص والثوريوم اليورانيوم في عينات الحمص 52
4-21 تركيز عنصر الحديد في محاولات مختلفة في إحدى عينات الأرز الأمريكي 55
4-22 تركيز عنصر الرصاص في محاولات مختلفة في إحدى عينات الأرز
الأمريكي 56
4-22 العلاقة بين شدة الطيف والكتلة المضافة من الخارصين 57

الملخص

سالم، فارس"محمدعلي" فارس. دراسة تراكيز بعض العناصر الثقيلة والمتوسطة في بعض أنواع الحبوب المستهلكة في الأردن باستخدام تقنية تألق الأشعة السينية. رسالة ماجستير بجامعة اليرموك، 2006 (المشرف: د. خالد موسى أبو مراد).

لقد تم استخدام تقنية تألق الأشعة السينية المفرقة للطاقة (EDXRF) لدراسة أربع وثلاثون عينة من الحبوب المستهلكة في الأردن, حيث اشتملت العينات على كل من الأرز والفول والعدس والحمص والقمح من مصادر مختلفة، وتم إيجاد تراكيز بعض العناصر الثقيلة والمتوسطه المتوفرة في العينات, والعناصر المتوسطة التي تم دراستها هي البوتاسيوم K والمنغنيز Mn والحديد Fe والكوبالت Co والنيكل Ni والنحاس Cu الخارصين Zn، أما بالنسبة للعناصر الثقيلة فهي الكادميوم Cd والقصدير Sn والسيزيوم Cs والرصاص Pb و الثوريوم Th و اليورانيومU، وتم كذلك مقارنة تراكيز العناصر في العينات المختلفة، وتبين النتائج من خلال المقارنة بين تركيز العنصر في العينات التي من نفس النوع ومن مصادر مختلفة أن جميع العينات تكون متقاربة في تراكيز العناصر المتوسطة، ومتفاوتة في تراكيز العناصر الثقيلة، وتبين النتائج ايضاً أن أفضل أنواع الحبوب التي تم دراستها من حيث قله تراكيز العناصر الثقيلة وزيادة تراكيز العناصر المتوسطة هي: الأرز الهندي والفول الإنجليزي والعدس الأردني والحمص السوري والقمح الأردني.

الكلمات المفتاحية : تألق الأشعة السينية، العناصر الثقيلة، العناصر المتوسطة، الحبوب، الأردن.

الفصل الأول

المقدمة

إن استخدام مصادر الطاقة المختلفة بشكل عشوائي وانتشار المصانع، أدى إلى وصول الملوثات المختلفة إلى التربة والماء والهواء، وأدى ذلك إلى حدوث خلل واضح في نسب بعض العناصر الثقيلة والمتوسطة في البيئة، وهذا انعكس بصورة مباشرة على صحة الإنسان.

أن الخلل في توزيع نسب هذه العناصر في البيئة ينتقل إلى الإنسان من خلال الغذاء سواء كان هذا الغذاء نبات أو حيوان، وهذا يسبب العديد من الأمراض للإنسان وأهمها أمراض القلب والكبد والدماغ والكلية والسرطانات المختلفة.

تجري العديد من الأبحاث على المواد الغذائية التي يتناولها الإنسان وذلك لرفع مستواها الغذائي ولتفادي أو التقليل ما أمكن من مستويات بعض العناصر الملوثة بسبب التصنيع والإنتاج ولخفض أو الحد من معدلات حدوث الأمراض.

وتأتي هذه الدراسة مكملة لبعض الدراسات والأبحاث التي أجريت على أنواع كثيرة من المواد الغذائية في الأردن وبعض دول العالم الأخرى باستخدام تقنية تألق الأشعة السينية أو طرق التحليل الأخرى ونذكر منها:

* زكريا محمد الجراح قام بدراسة مكونات الحليب الجاف والسائل في الأسواق الأردنية باستخدام تقنية تألق الأشعة السينية، ومقارنة مكونات الحليب السائل ومكونات الحليب السائل المجفف. وتبين من هذه الدراسة أن عملية التجفيف المستخدمة في هذا البحث لا تفقد الحليب عناصره الأساسية. (الجراح، 1998).

* طارق عبد الحميد عبد الله قام بدراسة مكونات عينات مائية أردنية من سد وادي العرب وسد الملك طلال باستخدام تقنية تألق الأشعة السينية، وتبين من الدراسة أن مياه السدين تحتوي على العناصر التالية: Ce,Ra,Bi,Nd,Ti,La,Cs, بتراكيز قليلة. وعلى العناصر: I,Fe,Sr,K,Si بتراكيز مرتفعة. (عبد الله، 1999).

* فينجوريني(Venturini) قام بدراسة النشاط الإشعاعي في بعض المواد الغذائية البرازيلية، حيث اشتملت الدراسة من ضمن العينات على الحبوب، ووجد ان النشاط الاشعاعي السنوي للعناصر : $^{137}Cs, ^{226}Ra, ^{228}Ra, ^{40}K$ هو 3.2Bq, 17.5Bq, 53.2Bq, 14Bq على الترتيب. (Venturini, 1999).

* ألفاريز ومازو-غراي(Alvarez &Mazo-Gray) قاما بدراسة لبعض المواد الغذائية بواسطة تشتت الأشعة السينية المفرقة للطاقة (EDXRF) (Alvarez &Mazo-Gray, 1990).

* بيليت وشادارفين قاما بدراسة لمحتوى بعض الحبوب من العناصر وتركيز كل منها . (Pellet& Shadarevian, 1970).

* رنا محمود "شفاعمري" قامت بدراسة تراكيز عناصر ثقيلة ومتوسطة في بعض الأعشاب الطبية باستخدام تقنية تألق الأشعة السينية.ووجدت أن الأعشاب الطبية تحتوي على تراكيز عالية من عناصر الحديد والنحاس والمنغنيز والخارصين.وتراكيز متدنية من الرصاص والكادميوم (شفاعمري،2003).

* الصالح وزملاؤه قام بدراسة تركيز العناصر الموجودة في الخميرة باستخدام تألق الأشعة السينية، ووجد أن الخميرة لا تحتوي على عناصر سامه مثل الرصاص Pb والزئبق Ag وهناك تشابه في تراكيز العناصر (Ti, Mn, Ni, Cu, Sr) (Saleh et al, 1978).

* شادي السمارة، قام بدراسة تراكيز بعض العناصر الثقيلة والمشعة في اللحوم المستهلكة في الأردن باستخدام تقنية تألق الأشعة السينية المتألقة ومطيافية جاما. ووجد أن اللحوم تفتقر لعنصر البوتاسيوم، وإن نسبة العناصر المعدنية قليلة في اللحوم (السمارة ،2002)

* انجوس وزملاؤه قاموا بالتحليل الكمي للمعادن الموجودة في نبات الفجل باستخدام تألق الأشعة السينية، ووجد أن هناك زيادة في تراكيز كل من (K, Ca, Mn, Fe, Zn, Rb, Pb) في نبات الفجل المزروع في التربة المعالجة مقارنة بالتربة العادية (Anjos et al, 2002).

* موريز(Morris) وزملاءه دراسة تركيز عناصر الكادميوم Cd والخارصين Zn والرصاص Pb في السكر، ووجد أن تراكيز هذه العناصر في السكر ضمن الحدود المسموح بها (Morris et al, 1976)

مبررات الدراسة :

تعتبر الحبوب من أكثر المواد الغذائية التي يتناولها الانسان بشكل يومي تقريبا، وقد لا تخلو أي وجبه من الحبوب، ونظرا لتعدد مصادر إنتاج هذه الحبوب، جاءت هذه الدراسة للتعرف علي تراكيز بعض العناصر الثقيلة والمتوسطه وهي (البوتاسيوم K والمنغنيز Mn والحديد Fe والكوبالت Co والنيكل Ni والنحاس Cu الخارصين Zn، والكادميوم Cd والقصدير Sn والسيزيوم Cs والرصاص Pb و الثوريوم Th و اليورانيومU) في كل من الأرز والفول والعدس والحمص والقمح.

أهداف الدراسة

- دراسة تراكيز بعض العناصر الثقيلة والمتوسطه في بعض الحبوب المستهلكة في الأسواق الأردنية.
- التعرف على التحليل العنصري للمواد باستخدام تألق الأشعة السينية.
- مقارنة تراكيز العناصر في العينات من مصادر مختلفة.

خصائص بعض العناصر وأهميتها للإنسان (منظمة الصحة العالمية، 2004)

1 – البوتاسيوم : إن للبوتاسيوم دور مهم في ضبط ضغط الدم وتنظيم نبضات القلب وزيادة حساسية الأعصاب، وله فائدة كذلك في بناء العضلات، وإن نقصه يسبب ضعف وعدم انتظام في ضربات القلب، وتقدر مخصصات الإنسان اليومية من البوتاسيوم بحوالي(3500mg)

2 – النحاس : يلعب النحاس دور مهم في الإنزيمات وفي بروتينات الجسم المختلفة مثل بروتينات الدماغ والدم والكبد، واكبر مخزون للنحاس يكون في الكبد. إن نقص النحاس يسبب استنزاف الأكسجين في الخلايا ويسبب مشاكل جلدية، وان مخصصات الإنسان البالغ اليومية من النحاس تقدر بحوالي (1mg). (مصطفى، 1988)

3 – الحديد : يعتبر الحديد من المكونات الأساسية لهيموجلوبين الدم المسؤول عن نقل الأكسجين في الجسم، ويسبب نقص الحديد فقر الدم وبعض الاضطربات الوضيفية في أداء بعض الأعضاء مثل البصر. وتقدر مخصصات الإنسان البالغ اليومية من الحديد بحوالي(1.8mg) للذكور و(3mg) للإناث. (مصطفى، 1988)

4– المنغنيز : أن للمنغنيز أهميه كبيرة في تلاشي هشاشة العظام، ويساعد في تنشيط الغدة الدرقية، وإن نقص المنغنيز يسبب العديد من المشاكل للإنسان منها تشوه وضعف في العظام وتصلب الشرايين وارتفاع ضغط الدم وارتفاع مستويات الكلسترول وضعف في الذاكرة. وتقدر مخصصات الإنسان اليومية من المنغنيز بحوالي من (2.5mg) إلى (5mg) .(مصطفى، 1988)

5– الخارصين : يساعد الخارصين في تشكيل العديد من الإنزيمات وصحة الجهاز المناعي في الجسم، ويساعد في التخلص من المشاكل الجلدية مثل حب الشباب. وان نقص الخارصين يسبب تساقط الشعر ويؤثر على وظائف الدماغ، وتقدر احتياجات الإنسان اليومية من الخارصين بحوالي(12.5 mg).

6- الكادميوم : أن عنصر الكادميوم من العناصر الثقيلة والسامة للإنسان، وزيادة تركيزه في جسم الانسان يسبب امراض الكلية وهشاشة العظام. وان الحد المسموح به من عنصر الكادميوم في اليوم هو (0.1μg /kg).

8- الرصاص : يعتبر الرصاص من اخطر العناصر على صحة الإنسان، وإن زيادة الجرعة التي يتناولها من عنصر الرصاص لها تأثير مباشر على الدماغ والعظام والكلى والدم، حيث أن أقصى جرعة يستطيع الانسان تحملها من الرصاص هي (50μg/kg).

تحتوي هذه الرسالة على خمسة فصول؛ الفصل الأول الذي احتوى على المقدمة, والفصل الثاني الذي أشتمل على الجانب النظري الذي تناول صفات الأشعة السينية وكيفية إنتاجها وتفاعل الأشعة مع المادة، والفصل الثالث يتضمن الجانب العملي الذي يتمثل في طريقة تحضير العينات ويتحدث عن المطياف المستخدم وطريقة التحليل، أما في الفصل الرابع تم عرض النتائج ومناقشتها وختمت الرسالة بالفصل الخامس بالاستنتاجات والتوصيات.

النظري

2-1 الأشعة السينية

اكتشفت الأشعة السينية من قبل العالم ويليام رونتجن عام 1898م، حيث لاحظ تألق بلورات الباريوم (Ba) القريبة من أنبوبة التفريغ الكهربائي عند حصول التفريغ، ولان هذه الأشعة كانت ذات طبيعة مجهولة في ذلك الوقت أطلق عليها اسم أشعة x أو الأشعة السينية.

بعد ذلك الوقت توجه العديد من العلماء والباحثين في أبحاثهم للتعرف على هوية هذه الأشعة, حيث وجد أنها عبارة عن أشعة كهرومغناطيسية لها طول موجي يتراوح بين ($0.01A^{\circ}$ إلى$100A^{\circ}$)، حيث تتداخل مع أشعة جاما عند الأطوال الموجية القصيرة، ومع الأمواج فوق البنفسجية عند الأطوال الموجية الطويلة. وتمتاز هذه الأشعة بخصائص عدة أهمها:

- لها القدرة على اختراق المواد حيث يتم امتصاص جزء منها عند مرورها بالمادة.
- لها القدرة على تأيين الذرات و الغازات التي تمر من خلالها.
- قادرة على إحداث تأثيرات بيولوجية مثل قتل الخلايا لذلك يجب التعامل معها بحذر شديد.
- يتكون طيف الأشعة السينية من تراكب طيفين أحداهما متصل ينتج من كبح الإلكترونات أثناء مرورها في المادة، والأخر منفصل ذو اصل كمي ينتج من انتقال الإلكترونات بين مستويات الطاقة للذرة.

2-2 تقنية تألق الأشعة السينية

تستخدم تقنية تألق الأشعة السينية في التعرف على العناصر المكونة للعينات المختلفة، حيث يتم إسقاط أشعة سينية صادرة من أنبوبة التفريغ والتي تعرف بالأشعة السينية الابتدائية (primary X- ray) على العينة، فتسبب هذه الأشعة إثارة لذرات العناصر المكونة للعينة, وعندما تعود هذه الذرات لوضع الاستقرار تطلق أشعة سينية مميزة لكل عنصر, حيث تسمى هذه الأشعة بالأشعة السينية الثانوية.

يتم تميز مكونات العينة باستخدام طريقتين:

1- تألق الأشعة السينية المفرق للأطوال الموجية (WDXRF)

يتم في هذه الطريقة فصل خطوط طيف الأشعة السينية من خلال الطول الموجي لكل عنصر.

2- تألق الأشعة السينية المفرق للطاقة (EDXRF)

يتم في هذه الطريقة التعرف على مكونات العينة من خلال طيف الطاقة للأشعة السينية المميز لكل عنصر، ويتم استخدام كواشف الحالة الصلبه التي لها القدرة على التمييز بين طاقات فوتونات الأشعة السينية الصادرة عن العينة.

في هذه الدراسة سوف يتم استخدام تقنية تألق الأشعة السينية المفرقة للطاقة (EDXRF) وذلك لميزتها عن غيرها من طرق التحليل حيث تمتاز بخصائص كثيرة أهمها: (Tertin & Claisse, 1982)

_ قدرتها على الكشف عن جميع العناصر التي توجد في العينة باستثناء العناصر الخفيفة التي عددها الذري اقل من 11، لان الطيف الناتج عن هذه العناصر لايمكن الكشف عنه في المطياف المستخدم في عملية التحليل.

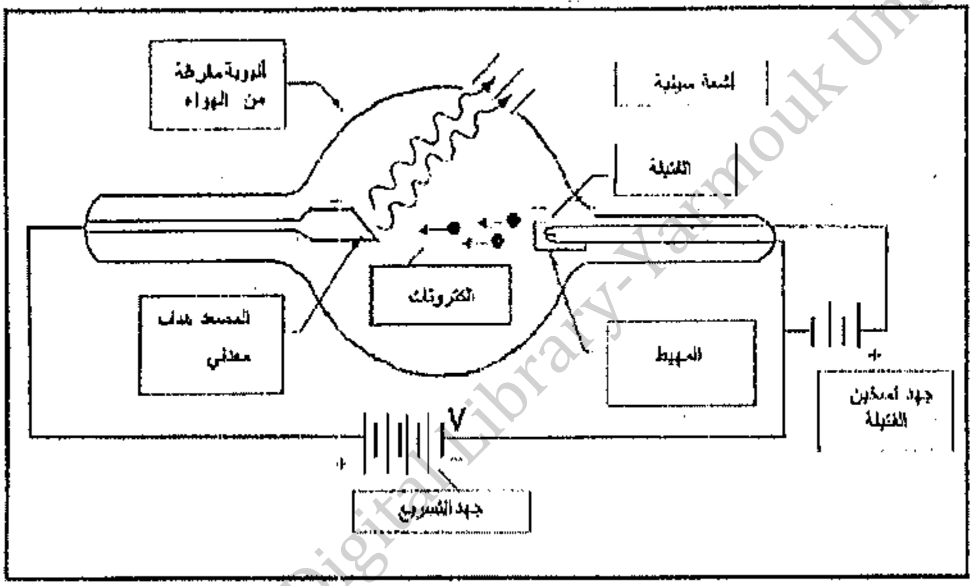
_ دقة النتائج التي نحصل عليها من هذه الطريقة.

_ سرعة الحصول على النتائج.

_ يمكن استخدام العينة أكثر من مرة لان تكرار التحليل لا يتلف العينة.

3-2 إنتاج الأشعة السينية

تنتج الأشعة السينية عند قذف مادة معينة بأيونات أو فوتونات أو الكترونات ذات طاقة مناسبة، حيث يتم ذلك في أنابيب خاصة مفرغة من الهواء تحتوي على صفيحتين فلزيتين الأولى المهبط (Cathode) الذي يمثل القطب السالب والثانية المصعد (Anode) الذي يمثل القطب الموجب والشكل(2-1) يبين أنبوبة الأشعة السينية:-



الشكل(2-1): شكل توضيحي يبين تركيب أنبوبة الأشعة السينية

يتم تحرير الالكترونات من المهبط من خلال تسخينه بواسطة فتيلة قريبه منه ويسري فيها تيار كهربائي، حيث تنبعث هذه الالكترونات بفعل ظاهرة الانبعاث ألايوني الحراري (thermionic emission).

تتحرك هذه الالكترونات باتجاه المصعد حيث يتم تسريعها بواسطة فرق جهد عالٍ وثابت (V) مطبق بين المهبط والمصعد، لإكساب هذه الالكترونات طاقة حركية عالية, حيث تعتمد هذه الطاقة الحركية على فرق الجهد بين المهبط والمصعد.

عند تصادم هذه الالكترونات مع ذرات مادة الهدف (المصعد) تعمل على تهييج جزءاً من هذه الذرات، وعند محاولة الذرات الوصول لحالة الاستقرار يتم إطلاق فوتونات أشعة سينية مميزة لمادة المصعد.

2-4 طيف الأشعة السينية

يقسم طيف الأشعة السينية المتولد من الأنبوب المفرغ من الهواء إلى قسمين هما الطيف المتصل والطيف المنفصل:

* **الطيف المتصل**

ينتج هذا الطيف عند تباطيء الالكترونات الساقطة في مادة المصعد، حيث أن تفاعل هذه الالكترونات مع الالكترونات المترابطة لمادة الهدف يسبب فقدان الالكترونات الساقطة جزءاً من طاقتها الحركية، وفقدان هذه الطاقة يكون على شكل إشعاع فوتونات وتسمى هذه الأشعة بأشعة الكبح (Bremsstrhalung) أو الأشعة البيضاء.

تم تفسير إنتاج الطيف المتصل من قبل ميكانيكا الكم والنظرية الكهرومغناطيسية التي تقول إن الأجسام المشحونة المتسارعة يرافقها انبعاث إشعاع، وان التسارع السالب (التباطؤ) للالكترونات الساقطة ينتج عنه إشعاع.

وتزداد احتمالية انبعاث الطيف المتصل بالأشعة السينية بازدياد العدد الذري لمادة الهدف Z وذلك حسب العلاقة التالية (Jenkins,1980)

$$\text{Probability} \ \alpha \ \frac{q^2 Z^2 T}{M_o^2} \quad \text{.................................(2-1)}$$

حيث Z العدد الذري لمادة الهدف وتعبر كل من T و M_o و q على التوالي عن الطاقة الحركية وكتلة السكون والشحنة للجسم المقذوف.

ومن المعادلة السابقة يتبين إن احتمالية انبعاث الطيف المتصل تكون اكبر ما يمكن في حالة استخدام الالكترونات كمصدر لتهييج مادة الهدف وذلك لصغر كتلتها بالنسبة للأجسام المشحونة الأخرى حيث إن تسريعها يتم بجهود كهربائية منخفضة نسبياً.

ويتميز الطيف المتصل للأشعة السينية بوجود طول موجي أدنى (λmin) والممثل لأكبر طاقة حركية للإلكترون الساقط (المهيج) ويعطى هذا الطول الموجي بالعلاقة التالية:

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eV} \quad ....(2-2)$$

حيث h : ثابت بلانك

c : سرعة الضوء

V : جهد التسريع المستخدم في أنبوبة الأشعة السينية

e : شحنة الإلكترون .

*** الطيف المميز أو المنفصل**

عند قذف ذرات مادة الهدف بالالكترونات يتم تهييج الكترونات ذرات مادة الهدف من مستويات الطاقة الداخلية إلى مستويات طاقة أعلى ، مما يسبب حدوث فجوات وبقاء الذرة في حالة متهيجة وخلال فترات زمنية قصيرة (10 ns) تنتقل الالكترونات من مستويات الطاقة المجاورة الخارجية لملء هذه الفجوات ويصاحب هذا الانتقال انبعاث فوتونات ذات طاقة محددة يساوي الفرق في الطاقة بين المستويين الذين انتقلت بينهما الالكترونات حيث يسمى الطيف الناتج بالطيف المميز لذرات مادة الهدف وهو ما يعرف طيف الإنبعاث المميز (characteristic emission spectrum). ويتراكب هذا الطيف على الطيف المتصل على شكل قمم ذات أطوال موجية مميزة ومحدودة للفوتونات الناتجة من إعادة الاستقرار للذرات.

ويتم الحصول على الطيف المميز للعناصر بإحدى الطرق التالية:

1- عن طريق قذف العينة بجسيمات متسارعة مثل الالكترونات أو الايونات أو البروتونات.

2- أو عن طريق قذف العينة بإشعاعات ذات طاقة عالية، مثل أنبوبة أشعة سينية تعرف بالأشعة السينية الابتدائية أو من أحدى النظائر النووية النشطة إشعاعياً.

2-5 شروط تحرير الالكترونات من مداراتها

إن لكل إلكترون في الذرة طاقة ربط بينه وبين النواة ولتحرير هذه الالكترونات فإنه يلزم قذفها بجسيمات أو إشعاعات لها طاقة اكبر أو تساوي طاقة ربط الالكترونات المراد تحريرها.

فمثلاً عند قذف مادة الهدف بجسيم مشحون فان الشرط لتحرير إلكترون من المستوى K هو :

$$qV \geq E_k \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2\text{-}3)$$

حيث E_k : طاقة الربط للمستوى k

q : شحنة الجسيم الساقط

V : فرق الجهد المطبق بين المصعد والمهبط في أنبوبة التفريغ.

وفي حالة استخدام فوتونات أشعة سينية فان الشرط هو :

$$h\nu \geq E_k \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2\text{-}4)$$

حيث

ν : تردد الفوتون الساقط .

إن طاقة ربط الالكترونات بالنواة تزداد بازدياد العدد الذري لذلك فان الطاقة اللازمة لتحرير الالكترونات تزداد بازدياد العدد الذري وان الطاقة اللازمة لتحرير إلكترون من المدار K اكبر من الطاقة الأزمة لتحرير إلكترون من المدار ℓ لنفس العنصر.(Jenkins, 1980)

2–6 انبعاث طيف تألق الأشعة السينية

إن انتقال الالكترونات الداخلية لذرات مادة الهدف بين مستويات الطاقة المسموح بها هو الذي يحدد طيف تألق الأشعة السينية فمثلاً عند تحرير إلكترون من المدار K بواسطة قذفه بإلكترون ذو طاقة عالية أو من خلال امتصاصه فوتون ذو طاقة عالية تصبح الذرة متأينة ويبقى الإلكترون في مستوى طاقة عالٍ وعند انتقال إلكترون من مدار L إلى مدار K لملء الفراغ، يصاحب هذا الانتقال انبعاث طيف أشعة سينية مميز يطلق عليه اسم خط Kα وهذا الانتقال يسبب فراغاً في مدار L، ومن الممكن أن يملأ الفراغ في المدار K بإلكترون قادم من المدار M حيث يصاحبه انبعاث طيف أشعة سينية مميز يطلق عليه اسم Kβ ، وكما ذكرنا سابقا فان هذا الطيف يتراكب على الطيف المتصل على شكل قمم ذات أطوال موجية مميزة ومحدودة لتلك الفوتونات الناتجة من عودة الذرات إلى حالة الاستقرار.

2-7 المستويات الالكترونية وقواعد الاختيار

إن كل إلكترون في الذرة يتواجد في مدار ويمتلك مقدار معين من الطاقة، ويمكن وصف هذا الإلكترون بواسطة أربعة إعداد كمية هي (Van & Markowicz, 1993) :

- ❖ العدد الكمي الرئيسي(n) وهو الذي يمثل رقم المدار ويأخذ القيم ...,1,2,3 والتي يقابلها الأحرف ...... K,L,M, .
- ❖ العدد الزاوي الكمي المداري(ℓ) وهو مقياس للزخم الزاوي المداري للإلكترون ويأخذ هذا العدد قيم من صفر إلى (n-1) وتستخدم الحروف s ، p ، d ، f ،...... رموز للمدارات الفرعية.
- ❖ العدد الكمي المغناطيسي (m_ℓ) ويأخذ القيم الصحيحة من ℓ- إلى ℓ+ مرورا بالصفر.
- ❖ العدد الكمي البرمي (m_s) ويحدد هذا العدد اتجاه دوران الإلكترون حول نفسة إثناء دورانه في مدارة ويأخذ أحدى القيمتين $\frac{1}{2}-$ أو $\frac{1}{2}+$.

إن انتقال الالكترونات بين المدارات لا تتم بشكل عشوائي وإنما وفق قواعد معينة تسمى قواعد الاختيار وهذه القواعد هي: (Othman, 1982)

$$\Delta n \geq 1$$

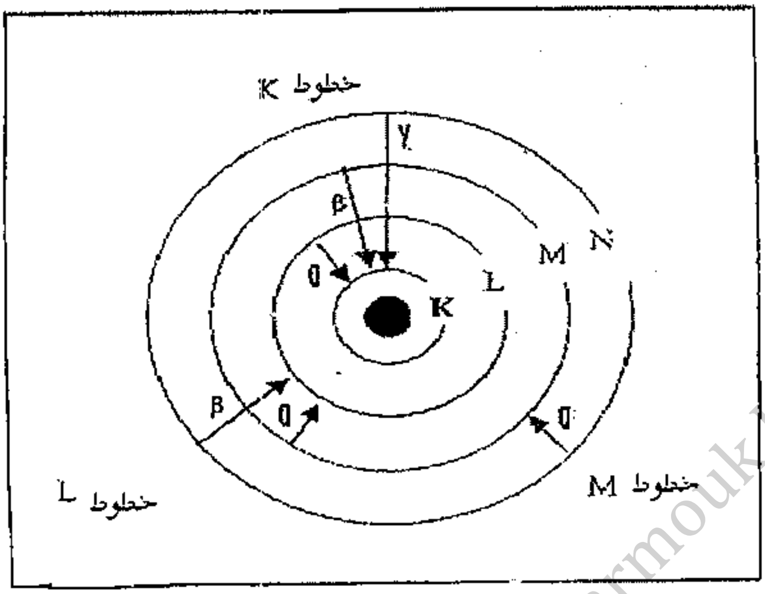
$$\Delta \ell = \pm 1$$

$$\Delta J = 0 \;,\; \pm 1$$

حيث تمثل J الزخم الزاوي الكلي للإلكترون، ويأخذ القيم الواقعة بين $(\ell+\frac{1}{2})$ و $(\ell-\frac{1}{2})$.

2-8 المتسلسلات الطيفية في الأشعة السينية

المتسلسلات الخطية هي مجموعة من الخطوط المتجانسة لكل العناصر مثل خطوط k_α ، تسمى هذه الخطوط بالنسبة للمستوى النهائي للانتقال الحاصل حيث تم التميز بين هذه الخطوط من قبل العالم سيجبان (Siegbahn)، وأعطى الرموز α, β, γ لتشير إلى الشدة النسبية لهذه الخطوط، ويعتبر الخط α من أقوى الخطوط. ويبين الشكل (2-2) هذه الخطوط.



الشكل (2-2) : يبين خطوط الطيف المميزة لمادة الهدف

لنأخذ المثال التالي:الرمز K_α يعني انتقال الإلكترون من المستوى L إلى المستوى K.
ولكل خط من هذه الخطوط طاقة مساوية لفرق الطاقة بين المستويين الابتدائي والنهائي، فمثلا طاقة الخط $K\alpha$ هي :

$$h\nu = \Delta E = E_K - E_L \quad \text{......................} \ (2\text{-}5)$$

ويمكن إيجاد طول موجة الفوتون الناتج من العلاقة :

$$\lambda(A^o) = \frac{12.398(keV.A^o)}{\Delta E(keV)} \quad \text{..........................} \ (2\text{-}6)$$

ويعرف هذا الطول الموجي بطاقة الامتصاص للمستوى K. (Jenkins, 1980)

2- 9 قانون موسلي (Moseley Low)

وجد العالم موسلي علاقة تجريبية تربط بين تردد فوتون الأشعة السينية المنبعثة والعدد الذرى(Z) للعنصر المولد لتلك الأشعة، وذلك حسب العلاقة التالية (Tertin & Claisse,1982):

$$\nu = Q \cdot (Z - \sigma)^2 \quad .... \quad (2\text{-}7)$$

حيث إن

σ: ثابت اثر الحجز لإلكترونات الذرة التي تحاول إن تحجز الالكترونات الساقطة وإعاقة حركتها من خلال التنافر الكهربائي معها .

Q: ثابت التناسب للمتسلسلة الطيفية الناتجة .

حيث إنه ومن خلال هذه العلاقة أمكن تحديد العدد الذرى للعناصر في الجدول الدوري، وتحديد الفراغات الموجودة في الجدول الدوري وتصحيح أوضاعها.

2 – 10 اثر اوجيه (Auger effect)

إن سقوط الأشعة السينية الابتدائية على العينة يؤدي إلى تهييج ذراتها، وعند عودة هذه الذرات إلى حالة الاستقرار تنطلق فوتونات الأشعة السينية المميزة لذرات العينة، ولكن يمكن إن يحدث امتصاص لهذه الفوتونات من قبل الكترونات مرتبطة بالذرات في المدارات الخارجية، حيث إن إحدى الالكترونات يأخذ طاقة إحدى هذه الفوتونات وتتحرر من الذرة ويسمى الإلكترون المنبعث في هذه الحالة بإلكترون اوجية وتسمى هذه الظاهرة بأثر اوجية (Auger Effect)، ويزداد احتمال حدوث هذه الظاهرة بنقصان الفرق بين مستويات الطاقة وتحدث أكثر ما يمكن في العناصر التي لها عدد ذرى منخفض وذلك لان الالكترونات تكون ضعيفة الارتباط بالذرة .

2- 11 ناتج التألق (Fluorescent yield)

إن حدوث ظاهرة اثر اوجية يؤدي إلى أن العدد الفعلي لفوتونات الأشعة السينية المتكونة من الذرات تكون اقل مما هو متوقع, حيث إن عدد من الفوتونات نتج مكانها الكترونات اوجية. وتعرف احتمالية إن تملأ الفراغات من قبل الكترونات ينتج عنها فوتونات الأشعة السينية المميزة دون إن تمتص بناتج التألق.

ويعرف ناتج التألق بالعلاقة التالية : (Jenkins, 1980)

$$\omega_K = \frac{I_K}{n_k} \quad .... (2\text{-}8)$$

حيث إن :

ω_K : ناتج التألق للمستوى K (دائما اقل من 1)

I_K : العدد الكلي لفوتونات الأشعة السينية المميزة لخطوط K

n_k : عدد الفراغات الأصلية للمستوى المتولدة في العينة .

أن عدد الفوتونات التي تم امتصاصها في الذرة وفق ظاهرة اوجية هي

$$\Delta n = n_k - I_K \quad .... (2\text{-}9)$$

إن تعريف ناتج التألق لمستويات أعلى من المستوى K يكون أكثر صعوبة وذلك لان المستويات التي أعلى من K تحتوى على مستويات فرعية عديدة وان ناتج التألق يعتمد على كيفية التأيين لهذه المستويات وهى كثيرة ومتعددة وهناك فرق بين قيم ناتج التألق وبين مدار وأخر حيث إن $(\omega_M << \omega_L << \omega_K)$.

وان ω تزداد بازدياد العدد الذري .

وكذلك هناك انتقالات غير مشعة بين المستويات الفرعية للمدار الواحد تسمى انتقالات كوستر كرونتك (Coster_ Kroning transition)

ويحسب ناتج التألق في هذه الحالة كما يلي(Van & Markowicz, 1993) :

$$\omega_i = \frac{I_i^x}{n_i^x} \quad .... (2\text{-}10)$$

حيث إن x العدد الكمي الرئيس .

2 – 12 أنواع التألق

يوجد العديد من أنواع التألقات، منها التألق الأولي والتألق الثانوي والتألق الثالثي وفيما يلي نتعرف على هذه الأنواع.

1- التألق الأولي :

وهو التألق الناتج عن التأثير المباشر من الأشعة الساقطة مع ذرات مادة الهدف وهذا التألق هو المساهم الأكبر في طيف الأشعة السينية الناتج من العينة.

2- التألق الثانوي:

نفرض لدينا عينة تحتوي على العنصرين B , A حيث أن العدد الذري للعنصر A اقل من العدد الذري للعنصر B ، وعند تعرض العينة لأشعة سينية فان العنصرين B,A يطلقان تألقا أوليا ولكن العنصر A يتعرض مرة أخرى للأشعة الأولية المتبقية أثناء تألق العنصر B لذلك فان العنصر A يطلق تألقا أضافيا يسمى التألق الثانوي إي إن التألق الثانوي هو التألق الناتج للعنصر ذو العدد الذري الأقل من العدد الذري للعنصر المتألق تألقا أوليا .

3- التألق الثالثي :

بفرض إن العينة تحتوي على ثلاث عناصر C،B،A حيث إن $Z_A<Z_B<Z_C$، فان التألق في العنصر C ينتج تألقاً ثانوياً في العنصر B وهذا بدورة ينتج تألقاً ثالثياً في العنصر A.

إن التألق الثالثي قليل الأهمية ويمكن إهماله وذلك لقلة شدته بالنسبة للتألقين الأولي والثانوي.

2- 13 تفاعل الأشعة السينية مع المادة

إن فوتونات الأشعة السينية التي تدخل إلى العينة (الهدف) تعاني من نقص في شدة الفوتونات الساقطة نتيجة تفاعلها مع ذرات العينة ويعتمد ذلك على كل من الامتصاص والتشتت.

2-13- A الامتصاص

نفرض إن الأشعة السينية الساقطة لها طول موجي λ وشدة ابتدائية I_o تسقط على المادة i التي سمكها x_i وكثافتها ρ_i .

إن هذه الأشعة سوف تعاني من فقد جزء منها بفعل الامتصاص والتشتت حيث إن الشدة الناتجة تعطى بالعلاقة التالية (Tertin & Claisse,1982):

$$I = I_o e^{-\mu_i \rho_i x_i} \quad .... \quad (2\text{-}11)$$

من المعادلة نلاحظ إن المقدار ($I_o - I$) من الفوتونات سوف يتم فقدها وذلك بسبب نزع الإلكترون من مكانة نتيجة تصادم فوتون به بطاقة كافية.

μ_i : تمثل معامل الامتصاص الكتلي للمادة ويقاس بوحدة ($cm^2. g^{-1}$)

ويمثل الامتصاص الكهروضوني الكلي بمعادلة تمثل مجموع الامتصاصات الحادثة في المستويات المختلفة في الذرة .

2-13- B التشتت

يحدث التشتت بسبب التصادم بين فوتونات الأشعة السينية مع احد الالكترونات للمادة ويوجد نوعين من التشتت حسب نوعية التصادم هما:

1- التشتت المتوافق أو تشتت رايلي (Rayleigh) يحدث هذا التشتت عندما يكون التصادم مرن حيث لا يحدث خسارة في الطاقة إي إن الطول الموجي للفوتون المتشتت يكون مساوي للطول الموجي للفوتون الساقط .

2- التشتت غير المتوافق أو تشتت كومبتون (Compton) يكون التصادم غير مرن ويخسر فوتون الأشعة السينية المتشتت جزءًا من طاقته ويزداد الطول الموجي له.

ويرتبط الطولان الموجيان مع بعضيهما بالعلاقة التالية :(Jenkins, 1980)

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_o c}(1 - \cos\varphi) \quad .... \quad (2\text{-}12)$$

φ : زاوية التشتت ، m_o : كتلة الإلكترون السكونية ، c : سرعة الضوء

إذا اعتبرنا إن تشتت رايلي وتشتت كومبتون مستقلان تمامًا فأنة يمكن كتابة معامل التشتت الكلي كما يلي:

$$\sigma = \sigma_{coh} + \sigma_{inch} \quad \text{.................................} \quad (2\text{-}13)$$

σ_{inch} : معامل التشتت غير المتوافق ووحدته هي ($cm^2 . g^{-1}$)

σ_{coh} : معامل التشتت المتوافق ووحدته ايظاً هي ($cm^2 . g^{-1}$)

أن قيمة معامل الامتصاص الكتلي أو ما يسمى بمعامل التوهين (μ) تعتمد على التأثيرين الامتصاص (τ) والتشتت (σ)، ويمكن كتابته على الشكل التالي:

$$\mu = \tau + \sigma \quad \text{...........................} \quad (2\text{-}14)$$

حيث τ تمثل معامل الامتصاص الكهروضوئي.

الفصل الثالث

العملي

سوف نناقش في هذا الفصل الطريقة المتبعة في تحضير العينات، ونتعرف على مطياف الأشعة السينية المستخدم في تحليل العينات، وكذلك التعرف على المكشاف المستخدم في هذا المطياف.

3-1 تحضير العينات

تم في هذا البحث تحضير 34 عينة من أنواع مختلفة من الحبوب المتداولة في الأسواق الأردنية ومن مصادر مختلفة، وهذه الأنواع هي الأرز و العدس والفول والحمص و القمح.

توضع هذه العينات في فرن عند درجة حرارة $150^{\circ}C$ ولمدة ساعتين، حتى يتم التخلص من الرطوبة في العينات أن وجدت، بعد ذلك تؤخذ العينة وتطحن على شكل بودرة باستخدام طاحونة اهتزازية.

يتم أخذ 1.5 g من كل عينة من العينات وخلطها بمادة تعمل على التماسك بين حبيبات العينة، هذه المادة يتم تحضيرها من عناصر خفيفة لا يستطيع المكشاف المستخدم في التحليل الكشف عنها، ثم تكبس العينات باستخدام مكبس خاص (pelletizer)، حتى تصبح العينات على شكل أقرص صلبه نصف قطر القرص تقريبًا 31mm، بعد ذلك تم تغليف الأقراص بواسطة لدائن بلاستيكية رقيقة مصنوعة من البولي كاربونيز (Polly carbonize)، لوقاية نافذة المكشاف من

الفتات الناتج من العينات، وهذه المادة ليس لها أي تأثير على الطيف الناتج لأنها تتكون من عناصر خفيفة مثل الكربون حيث لا يستطيع الجهاز الكشف عنها، كما أن سماكتها قليلة جدًا.

وبعد ذلك تؤخذ العينات إلى حجره التحليل حيث مطياف تألق الأشعة السينية -EDX 800HS .

2-3 مطياف تألق الأشعة السينية EDX- 800HS

تتكون منظومة تألق الأشعة السينية EDX-800HS من مطياف وحاسب شخصي وطابعة، ويتكون المطياف من:

1- أنبوبة الأشعة السينية (x-ray tube)

2- مصدر جهد عالٍ لأنبوبة الأشعة السينية يعطي فرق جهد حوالي 40 Kv وتيار تصل شدته لغاية 1 Ma.

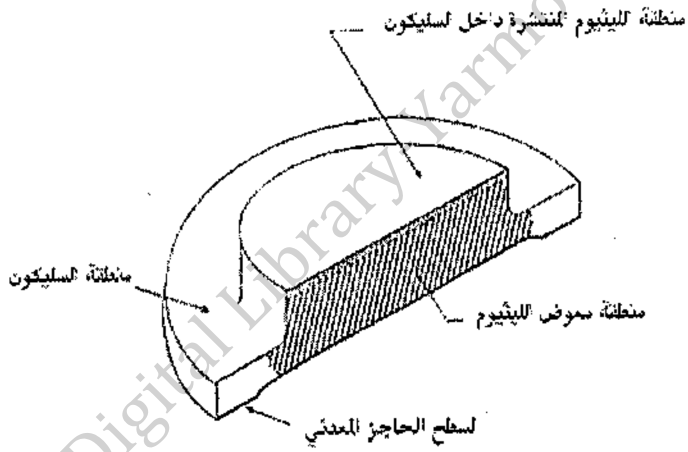
3- مكشاف السليكون المبتل بالليثيوم(silicon drift chamber detector).الذي يرمز له بالرمز (Si(Li.

يستخدم المطياف مبدأ تألق الأشعة السينية المفرق للطاقة (EDXRF)، وذلك لإجراء التحليل لعناصر الجدول الدوري، إن مبدأ عمل المطياف EDX-800-HS يقوم على تجميع أطياف الأشعة السينية المفرقة للطاقات والناتجة من العينات المختلفة.-Rayny, Series EDX (800HS) حيث يتم قذف العينات بأشعة سينية ابتدائية من أنبوبة الأشعة السينية والتي قطبها الموجب من عنصر الروديوم Rh ، ويتم التحكم بفرق الجهد المسلط على أنبوبه الأشعة السينية تلقائيا من 0 kV إلى 40 kV، من خلال برمجيات محمله على المطياف.

بعد تهييج العينة بالإشعاع الأولي فإنها تبعث طيفها المميز لعناصرها الذي يمكن الكشف عن محتواه بواسطة مكشاف السيلكون المبتل بالليثيوم، حيث يقوم هذه المكشاف بتحويل طاقات فوتونات الطيف إلى نبضات جهد كهربائي مناظرة لهذه الطاقات، وبعد عدد من عمليات المعالجة الالكترونية تحوّل الإشارات إلى الحاسوب لإظهار نتائج التحليل.

3-3 مكشاف السليكون المبتل بالليثيوم Si (Li) Detector

يكون مكشاف السيلكون المبتل بالليثيوم على هيئة وصلة ديود شبه موصل (Semiconductor Diode) من نوع (PN) اسطواني الشكل. والشكل (3-1) يبين مقطعا عرضيا لمكشاف السليكون المبتل بالليثيوم :



الشكل(3-1): مقطع عرضي لمكشاف السيلكون المبتل بالليثيوم.

يجب أن لا يحتوي جسم وصلة المكشاف على الكثير من حاملات الشحنات الحرة (Free Charge Carriers)، ويمكن التقليل من حاملات الشحنات باستخدام معوض شحنات (Charge Compensator) من نوع +p مصنوعة من مادة السيلكون المبتل بذرات الليثيوم, تعمل منطقة الليثيوم عمل القطب السالب للديود -n بينما يعمل السطح الحاجز المعدني المبين في الشكل عمل القطب الموجب للديود +p .

وعند تسليط انحياز عكسي للديود (Reversed Biased)، تخرج حاملات الشحنة الحرة إلى خارج جسم المكشاف مما ينشأ عنه منطقة نشطة تعرف بمنطقة الاستنفاذ (Depletion Region) بين القطب الموجب والقطب السالب للديود، وبهذه الوضعية فان التيار الوحيد الذي يسري بين قطبي الديود عند طرفي وصلة PN هو من حاملات الشحنات المتولدة حراريا.

وعند سقوط فوتون الأشعة السينية الناتج من مادة الهدف على منطقة الاستنفاذ، فإنه يحدث امتصاص كهروضوئي من قبل المكشاف، مما يودي إلى أنتاج فراغات داخلية في المادة شبه الموصلة والكترون متحرر بطاقة حركية تتناسب مع طاقة الفوتون الساقط الذي يسمى بالإلكترون الضوئي (Photo electron)، وهذا الإلكترون يتفاعل مع الذرات في الشبكة البلورية للمادة شبه الموصلة، حيث يسبب تهيجات عدة ذات طاقات منخفضة.

تستمر هذه العملية بعد أن يكون الإلكترون قد أنتج عددا كبيرا من أزواج الفجوة إلكترون (hole – electron pairs) في الحجم الحساس في الديود، بعد ذلك تجمع حاملات الشحنة الحرة الناتجة بواسطة المجال المطبق على شكل نبضة تيار، وان عدد هذه الحاملات يتناسب مع طاقة الأشعة السينية الساقطة على المكشاف وذلك حسب المعادلة التالية: (Van & Markowicz, 1993)

$$n = \frac{E}{\varepsilon} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3\text{-}1)$$

E : طاقة الفوتون الساقط

ε : متوسط الطاقة لكل زوج فجوة_إلكترون وتبلغ قيمتها لعنصر السليكون 3.76eV

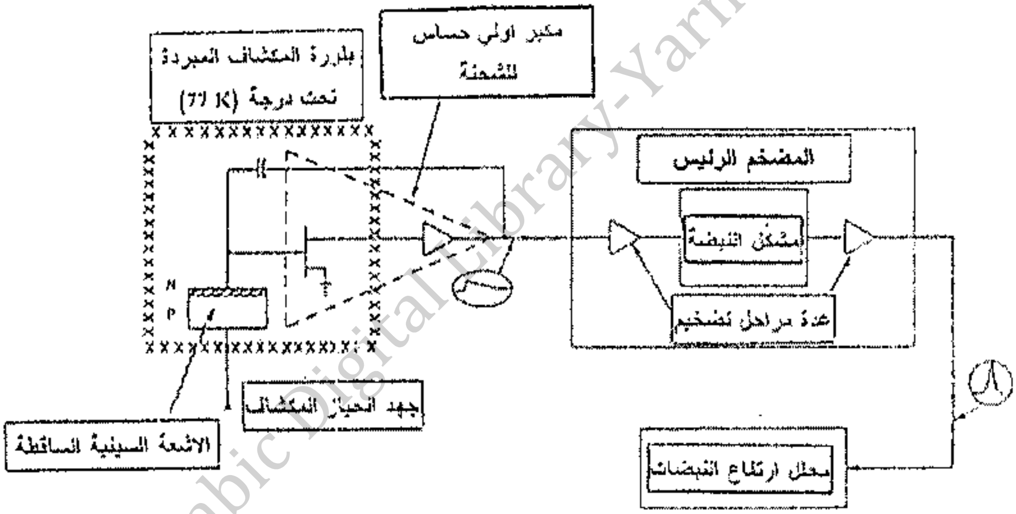
n : عدد الحاملات للشحنات الحرة

عندما تمر نبضه التيار في مقاومة حمل مناسبة موصولة مع مكثف داخل مكبر أولي، فإنها تولد نبضة جهد كهربائي يتناسب ارتفاعها (مقدارها) مع طاقة الفوتون الساقط .

تتكون دائرة المكشاف كما هو واضح في الشكل (3–2) من بلورة المكشاف والتي تكون مبردة، ويستخدم لعمل التبريد النيتروجين السائل الذي تصل درجة حرارته إلى(77K)، والفائدة من التبريد هو تقليل تيار التسرب (Leakage Current)، ويتصل بالبلورة مكبر أولي (Preamplifier) يقوم بتحويل الشحنة الناتجة من التأينات التي تحدث بسبب التأثير

الكهروضوئي إلى نبضة فولتية يمكن قياسها و تخزينها في محلل ارتفاع النبضات (Multichannal Pulse-height Analyzer)

ويقوم المضخم الرئيسي(Main Amplifier) بتكبير النبضة إلى مستوى يمكن قياسه في الحاسوب.

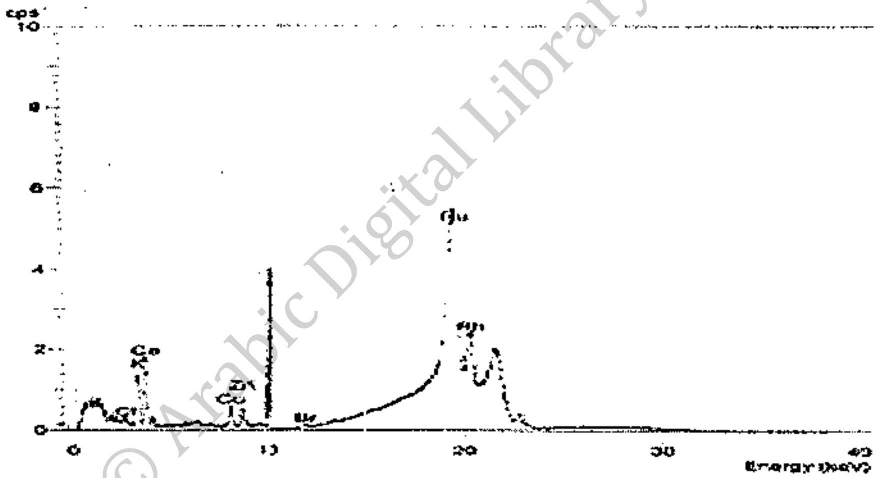


الشكل (3-2): دائرة مكشاف السيلكون المبتل بالليثيوم

3-4 تحليل العينات

يمكن استخدام مجموعة من الأوضاع الثابتة (Fixed Condition) لتحليل العينات، حيث أن كل وضع يعمل على قياس تراكيز لمجموعه محدده من عناصر الجدول الدوري، وان كل منها يعمل بوجود جهد تسريع محدد لأنبوبه الأشعة السينية، ويمكن استخدام مرشح (filter) بين مصدر الأشعة السينية وبين العينة وذلك لتقليل مستوى الخلفية في الطيف، وكذلك أزاله التداخل بين الخطوط الناتجة من العينة والناتجة من أنبوبه الأشعة السينية.

في مطياف EDX-1800HS يتم تغيير جهد التسريع تلقائيا من 0 kV إلى 40 kV، حيث لا يتم استخدام مرشح بين العينة ومصدر الأشعة السنية حتى يصل جهد التسريع إلى 5kV، حيث يتم في هذا الوضع قياس تراكيز العناصر الرئيسية المكونة للعينة، ومع زيادة جهد التسريع أكثر من 5kv لقياس تراكيز العناصر المتوسطة والثقيلة يتم استخدام مرشحات من الألمنيوم Al والنيكل Ni و التيتانيوم Ti. والشكل(3-3) يبين الطيف الناتج عن إحدى العينات:



الشكل (3-3):الطيف الناتج عن إحدى العينات

3- 5 معايرة الطاقة

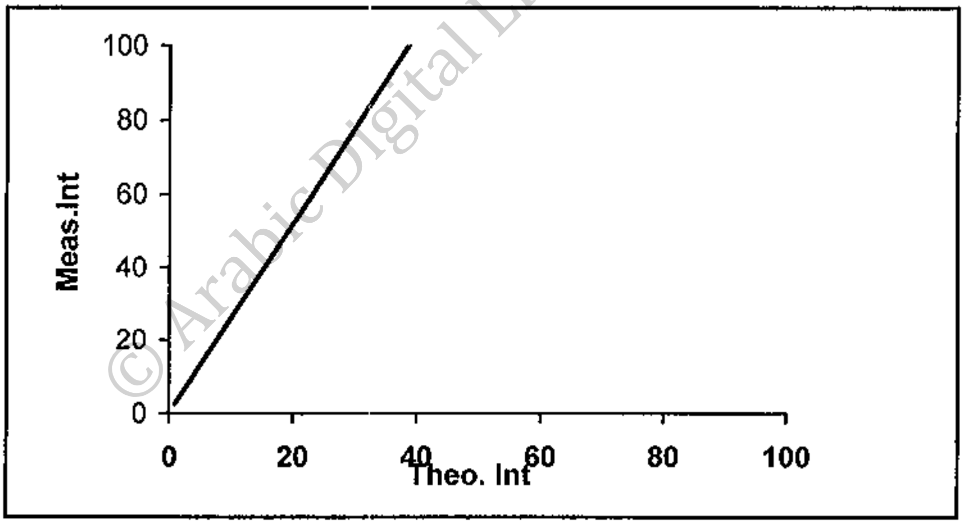
المعايرة هي عملية يتم فيها قياس عينات معيارية (خليط من عناصر ذات خطوط أشعة سينيه مميزة)، وذلك ليتم الحصول على علاقة تربط بين القناة المستخدمة للقياس والطاقة التي تمثلها تلك القناة.

والتيتانيوم Ti). ويتم عمل معايرة الطاقة بشكل دوري ومستمر (مرة كل شهر مثلا) وذلك للحصول على نتائج في غاية الدقة .

ومن خلال المعايرة يتم الحصول على علاقة تربط بين القناة والطاقة عن طريق تجميع الطيف الناتج عن العينة المعيارية وتحديد العلاقة بين القناة والطاقة لهذه الخطوط ومن ثم يخزن في قاعدة البيانات في الحاسوب وفقا لطريقة المعالم الأساسية (Parameters Method Fundamental)، والتي استخدمت لتحليل عينات الدراسة.

3-6 معايرة الحساسية

يتم في معايرة الحساسة إيجاد علاقة بين تركيز العناصر وشدة القمم التي تظهر في الطيف وذلك لتحويل شدة القمم الموجودة في الطيف المراد تحليلة إلى تراكيز، ويتم عمل معايرة الحساسية باستخدام عينة معيارية حيث تظهر معايرة الحساسية على شكل منحنى يخزن في الحاسوب مع المعالم(Parameters) التحليل المستخدمة. والشكل (3-4) يظهر هذا المنحنى في حالة العناصر المتوسطة حيث يستخدم لذلك عينه من النحاس .



الشكل (3-4): منحنى الحساسية في حالة العناصر المتوسطة

3-7 أنواع التحليل المستخدمة في تحليل العينات .

3-7-1 التحليل النوعي (Qualitative analysis)

يتم في هذا التحليل التعرف على مكونات العينة من عناصر الجدول الدوري من الصوديوم Na إلى اليورانيوم U، ويتم ذلك من خلال شروط ثابتة ويمكن إجراء التحليل النوعي بسهولة مع الانتباه إلى القمم غير الحقيقية التي تظهر والتي لا تمثل أي عنصر من العناصر ومن أهمها قمم الهروب والقمم المتراكبة. وفيما يلي توضيح هذه القمم :

***قمم الهروب (Escape peaks)**

تنتج هذه القمم بسبب تفاعل الأشعة السينية مع السيلكون الموجود في المكشاف، مما يؤدي إلى تراكب خطوط الطيف المتقاربة في طاقتها، ويمكن حذف مثل هذه القمم بسهولة عن طريق البرنامج المستخدم في التحليل.

وفي طريقة المعالم الأساسية (Fundamental Parameters Method) التي يرمز لها بالرمز (FPt) فان هذه القمم تحذف تلقائيا ولا تدخل في الحسابات .

***القمم المتراكبة (Pileup and sum peaks)**

يقوم معالج النبضات بالتفريق بين كل نبضه وأخرى، ويتم هذا التفريق في زمن لا يتعدى جزء من المليون من الثانية، ويمكن أن يدخل فوتونين في نفس الوقت على المكشاف لذلك تظهر نبضه متراكمة من الفوتونين. وتحدث هذه القمم عندما يكون هنالك تركيز عالٍ لإحدى العناصر في العينة.

3-7-2 التحليل الكمي (Quantitative analysis)

بعد معرفة مكونات العينة عن طريق التحليل النوعي يتم عمل التحليل الكمي، وذلك بتجميع الطيف المعبر عن العينة وتحويل شدة القمم للطيف إلى تراكيز باستخدام طريقة المعالم الأساسية (FPt)، يقوم البرنامج المستخدم في التحليل بتغير التيار المار في أنبوبة الأشعة السينية تلقائيا إلى أن نصل إلى الزمن المميت (Dead Time)، والزمن المميت هو الوقت الذي يحتاجه المكشاف والمضخم ومعالج النبضات لتسجيل وقياس فوتون الأشعة السينية، ويتم التعبير عنه

بنسبة مئوية في الزمن الكلي المقاس، وتكون نسبه هذا الزمن في مقياس EDX-800HS هو .25%

8-3 مصداقية النتائج

لإثبات صحة النتائج التي تم الحصول عليها ومدى دقتها قمنا بما يلي :

أولا : تم دراسة تركيز عنصر معين في عينة من العينات عدة مرات، وفي أوقات متفرقة وملاحظة النتائج في هذه المحاولات، استخدمت عينة الأرز الأمريكي، وتم فيها قياس تركيز عنصري الحديد من العناصر المتوسطة والرصاص من العناصر الثقيلة خمس مرات في أوقات مختلفة وملاحظة النتائج .

ثانيا : تم إضافة عنصر عالي النقاوة إلى احدى العينات بأوزان ثابتة، ومن ثم حساب شدة القمم للطيف المميزة لهذا العنصر، حيث أنة تم إضافة عنصر الخاصين Zn إلى عينات متساوية من الأرز الأمريكي.

أخذت خمس عينات من الأرز الأمريكي ورقمت من 1 إلى 5 وتركت العينة رقم 1 دون إضافة، والعينات 5،4 ،3 ،2 تم إضافة عنصر الخارصين Zn إليها بكتل مختلفة، وتم مقارنة النتائج في المحاولات الخمسة .

الفصل الرابع

عرض النتائج وتحليلها

مقدمه :

استخدم في هذا البحث – كما ذكرنا سابقا – 34 عينة من الحبوب المستهلكة في الأسواق الأردنية، واشتملت العينات على 8 عينات من الأرز من إنتاج كل من أمريكا والهند ومصر و الباكستان، و8 عينات من الفول من إنتاج كل من الأردن وسوريا وتركيا وانجلترا و6 عينات من العدس من إنتاج كل من الأردن وسوريا وتركيا و6 عينات من الحمص من إنتاج كل من الأردن وسوريا وتركيا، و6 عينات من القمح من إنتاج الأردن وأمريكا.

تم الحصول على العينات مباشرة من الأسواق الأردنية، ثم أعدت للتحليل بالطريقة الموصوفة في الفصل الثالث.

في هذا الفصل سوف نتعرف على العناصر التي تم قياس تراكيزها، ونعرض ونناقش النتائج التي تم الحصول عليها لكل نوع من أنواع الحبوب.

4-1 العناصر التي تم قياس تراكيزها

في هذا البحث تم التركيز على بعض العناصر المتوسطة وبعض العناصر الثقيلة المتواجدة في عينات الدراسة. العناصر المتوسطه التي تم دراستها هي البوتاسيوم K والمنغنيز Mn والحديد Fe والكوبالت Co والنيكل Ni والنحاس Cu الخارصين Zn. حيث أن هذه العناصر ضرورية لجسم الإنسان، وان نقصها أو زيادتها عن مستويات معينه يؤدي إلى مضاعفات ضارة للإنسان تسبب له الأمراض.

أما بالنسبة للعناصر الثقيلة فهي الكادميوم Cd والقصدير Sn والسيزيوم Cs والرصاص Pb و الثوريوم Th و اليورانيوم U. وإن هذه العناصر سامه وخطيرة على الإنسان إذا زاد تركيزها في المواد الغذائية عن الحدود المسموح بها.

4-2 وصف عينات الدراسة

يبين الجدول (4-1) أنواع العينات التي تم دراسة تراكيز بعض العناصر فيها، والرمز المستخدم لكل عينة، وعدد العينات التي حللت من كل نوع، ومصدر كل عينة. حيث يشير الحرف الأول من الرمز إلى نوع العينة والحرف الثاني إلى المصدر الذي أخذت منه العينة. فمثلاً الرمز RE يدل الحرف R على الأرز والحرف E على البلد المنتج وهو مصر.

الجدول (4-1) : يبين أنواع العينات التي تم دراستها وعددها ومصدرها والرمز المستخدم للتعبير عنها

نوع الحبوب	عدد العينات	المصدر	الرمز
أرز (R)	2	أمريكا (A)	RA
أرز (R)	2	مصر (E)	RE
أرز (R)	2	الهند (I)	RI
أرز (R)	2	الباكستان (P)	RP
فول (P)	2	الأردن (J)	PJ
فول (P)	2	سوريا (S)	PS
فول (P)	2	تركيا (T)	PT
فول (P)	2	انجلترا (B)	PB
عدس (L)	2	سوريا (S)	LS
عدس (L)	2	تركيا (T)	LT
عدس (L)	2	الأردن (J)	LJ
حمص (G)	2	سوريا (S)	GS
حمص (G)	2	تركيا (T)	GT
حمص (G)	2	الأردن (J)	GJ
قمح (W)	3	أمريكا (A)	WA
قمح (W)	3	الأردن (J)	WJ

4-3 نتائج التحليل ومناقشتها

سوف نناقش نتائج تحليل كل نوع من أنواع الحبوب، ونقارن بين تراكيز بعض العناصر المتوسطه والثقيلة في العينات المختلفة.

4-3-1 نتائج تحليل عينات الأرز

يبين الجدول (4-2) نتائج تحليل عينات الأرز، حيث تم اخذ عينتين من كل مصدر وإيجاد متوسط التركيز لكل واحد من العناصر الموجودة في العينة التي تمت دراستها، وكذلك يبين الوسط الحسابي والانحراف المعياري للنتائج.

الجدول (4-2): متوسط تراكيز بعض العناصر في عينات الأرز

العنصر \ العينة	RA	RP	RI	RE	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري
K wt%	0.168	0.195	0.174	0.152	0.172	0.018
Mn ppm	45	58	60	48	52.75	7.365
Fe wt%	0.027	0.012	0.053	0.013	0.026	0.019
Co ppm	8	9	31	24	18	11.343
Ni wt%	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001
Cu wt%	0.008	0.01	0.011	0.008	0.009	0.001
Zn wt%	0.007	0.008	0.011	0.005	0.008	0.003
Cd ppm	5	3	2	14	6.000	5.477
Sn ppm	25	38	15	20	24.500	9.883
Cs ppm	6	90	23	32	37.750	36.463
Pb ppm	14	9	1	14	9.500	6.137
Th ppm	4	5	7	14	7.500	4.509
U ppm	6	8	1	2	4.250	3.304

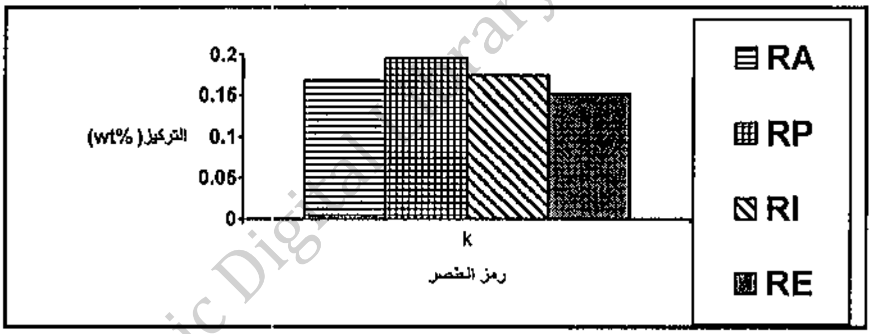
يلاحظ من الجدول أعلاه أن هناك بعض العناصر متقاربة في تراكيزها في العينات الأربعة، وخصوصا في بعض العناصر المتوسطة مثل البوتاسيوم K والنحاس Cu والنيكل Ni والخارصين Zn، وهنالك تفاوت واختلاف في تراكيز بعض العناصر، وخاصة في العناصر الثقيلة، كما في القصدير Sn والسيزيوم Cs والرصاص Pb.

وقد يرجع هذا الاختلاف في تراكيز العناصر الثقيلة إلى العديد من الأسباب. وفيما يلي مقارنه لتركيز العناصر في العينات:

A-1-3-4 مقارنه تراكيز العناصر المتوسطه في عينات الأرز

***البوتاسيوم (K)**

يلاحظ أن عنصر البوتاسيوم يكون متوفر في العينات، وان تركيزه متقارب في جميع العينات، واكبر ما يمكن في الأرز الباكستاني، انظر الشكل (4-1).



الشكل (4-1): يبين مقارنه تركيز عنصر البوتاسيوم K في عينات الأرز

*** الحديد (Fe)**

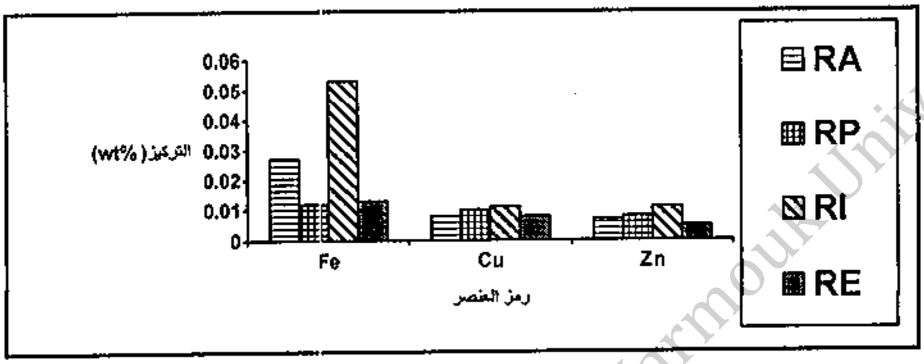
إن عنصر الحديد متوفر في الأرز الهندي، ويلاحظ من الشكل (4-2) أن تركيزه متقارب وقليل نسبياً في الأرز المصري والباكستاني.

*** النحاس(Cu)**

نلاحظ أن تركيز النحاس متوسط ومتقارب في العينات واكبر ما يمكن في الأرز الهندي. انظر الشكل (4-2).

*الخارصين (Zn)

إن تركيز عنصر الخارصين متوسط في العينات، وأعلى تركيز له في الأرز الهندي، واقل تركيز في الأرز المصري، وواضح من الانحراف المعياري أن التراكيز له متقاربة، انظر الشكل (4-2).



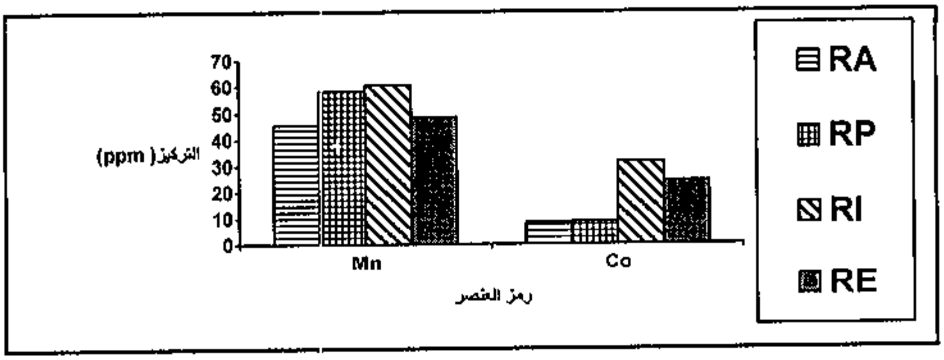
الشكل (4-2): يبين مقارنه تراكيز عناصر الحديد والنحاس والخارصين في عينات الأرز

* المنغنيز (Mn)

أن تركيز عنصر المنغنيز في العينات متوسط ومتقارب، واكبر تركيز له في الأرز الهندي، أنظر الشكل (4-3).

*الكوبالت (Co)

كما هو واضح من الانحراف المعياري يوجد تفاوت في تركيز عنصر الكوبالت في العينات، وإن أعلى تركيز له في الأرز الهندي، ثم يليه الأرز المصري، بينما تركيزه في الأرز الأمريكي والباكستاني قليل ومتقارب، انظر الشكل (4-3).



الشكل (4-3): يبين مقارنه تراكيز عنصري المنغنيز والكوبالت في عينات الأرز

***النيكل (Ni)**

إن تركيز عنصر النيكل متقارب ومتوسط في جميع العينات، وأعلى تركيز له في الأرز الهندي.

كما ذكرنا سابقا فإن هناك تقارب في تراكيز نفس العنصر في العينات المختلفة في العناصر المتوسطه التي تم دراستها، ومن المقارنة السابقة بين تراكيز العناصر في العينات يتبين أن عينات الأرز الهندي تحتوي على أعلى التراكيز لمختلف العناصر المتوسطه باستثناء عنصر البوتاسيوم K الذي يزداد تركيزه قليلاً في عينات الأرز الباكستاني.

ويلاحظ أيضاً أن تراكيز العناصر المتوسطه في عينات الأرز الأمريكي تكون متوسطه مقارنه مع العينات الأخرى، باستثناء عنصر الكوبالت Co حيث أن تركيزه في الأرز الأمريكي اقل من العينات الأخرى.

كما يلاحظ من جدول (4-2) أن الانحراف المعياري كبير نسبياً في تركيز عنصري الكوبالت والمنغنيز، مما يدل على التفاوت في تركيز هذه العناصر في العينات.

4-3-1- B مقارنه تراكيز العناصر الثقيلة في عينات الارز

***الكادميوم (Cd)**

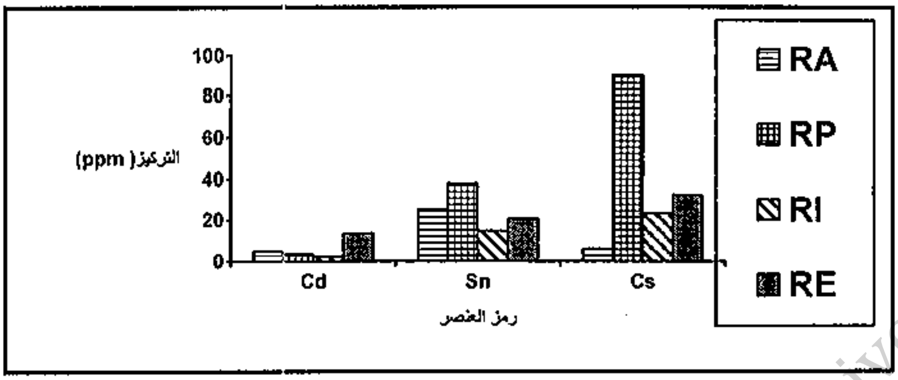
إن تركيز عنصر الكادميوم في العينات مرتفع، وهناك تفاوت قليل في تركيزه، وأعلى تركيز له في الأرز المصري، واقل تركيز له في الأرز الهندي. انظر الشكل (4-4).

*** القصدير (Sn)**

من الانحراف المعياري لعنصر القصدير يلاحظ وجود تفاوت في تركيزه في العينات الأربعة، وأعلى تركيز له في الأرز الباكستاني، واقل تركيز في الأرز الهندي. لاحظ الشكل (4-4).

*** السيزيوم (Cs)**

إن تركيز عنصر السيزيوم عالي في الأرز الباكستاني عنه في باقي العينات، واقل تركيز له في الأرز الأمريكي. انظر الشكل (4-4).



الشكل (4-4): يبين مقارنه تراكيز عناصر الكادميوم والقصدير والسيزيوم في عينات الأرز

* الرصاص (Pb)

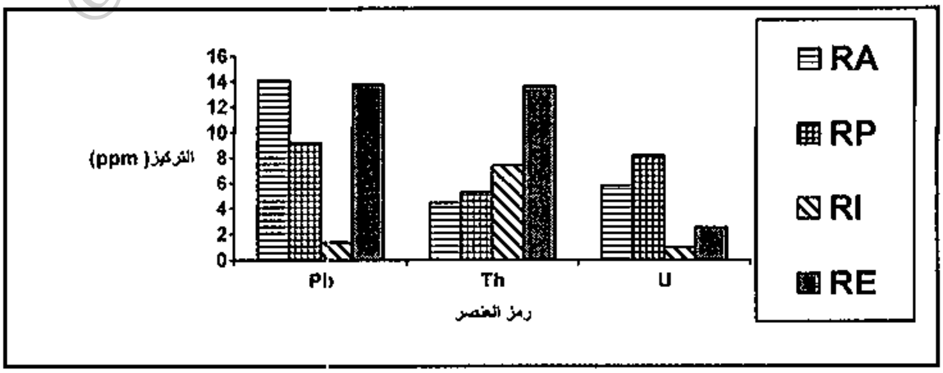
من الشكل (4-5) يلاحظ إن تركيز عنصر الرصاص Pb عالٍ في الأرز الأمريكي والمصري واقل تركيز له في الأرز الهندي، ويلاحظ ايظاً وجود تفاوت بسيط في تركيزه في العينات.

*الثوريوم (Th)

إن تركيز الثوريوم اكبر ما يمكن في الأرز المصري، واقل ما يمكن في الأرز الأمريكي، كما هو ملاحظ في الشكل (4-5).

* اليورانيوم (U)

من الشكل (4-5) يتبين إن تركيز عنصر اليورانيوم اكبر ما يمكن في الأرز الباكستاني، وتركيزه اقل ما يمكن في الأرز الهندي، وكذلك هناك تفاوت قليل في تركيزه في العينات.



الشكل (4-5): يبين مقارنه تراكيز عناصر الرصاص والثوريوم اليورانيوم في عينات الأرز

نلاحظ وجود زيادة في تراكيز اغلبيه العناصر الثقيلة التي تم دراستها في عينات الأرز الباكستاني، وهذه الزيادة واضحة في كل من عناصر القصدير Sn والرصاص Pb واليورانيوم U.

ونلاحظ ايظاً أن تركيز العناصر الثقيلة قليل في عينات الأرز الهندي باستثناء عنصر الثوريوم Th.

ونلاحظ وجود زيادة واضحة في تركيز كل من عنصر الكادميوم Cd والرصاص Pb والثوريوم Th في عينات الأرز المصري.

أما بالنسبة إلى الأرز الأمريكي فنلاحظ أن هناك زيادة في تركيز كل من عناصر الرصاص Pb والقصدير Sn واليورانيوم U.

4-3-2 نتائج تحليل عينات الفول

يبين الجدول (4-3) نتائج تحليل عينات الفول، حيث تم هنا أيضا اخذ عينتين من كل مصدر وإيجاد متوسط التركيز لكل واحد من العناصر المتواجدة في العينة التي تمت دراستها. وكذلك يبين الوسط الحسابي والانحراف المعياري للنتائج.

الجدول (4-3): متوسط تراكيز بعض العناصر في عينات الفول

الانحراف المعياري	الوسط الحسابي	PB	PT	PS	PJ	العنصر / العينة
0.366	3.176	3.062	3.15	3.68	2.81	K wt%
16.553	45	40	61	55	24	Mn ppm
0.013	0.029	0.045	0.015	0.032	0.024	Fe wt%
3.697	13.5	15	18	11	10	Co ppm
0.011	0.008	0.025	0.003	0.004	0.001	Ni wt%
0.002	0.012	0.014	0.011	0.013	0.01	Cu wt%
0.002	0.014	0.016	0.013	0.015	0.012	Zn wt%
1.915	3.5	5	5	3	1	Cd ppm
1.826	16	15	18	14	17	Sn ppm
1.633	35	35	37	33	35	Cs ppm
1.155	16	17	17	15	15	Pb ppm
1.708	3.75	6	4	2	3	Th ppm
0.577	1.5	1	1	2	2	U ppm

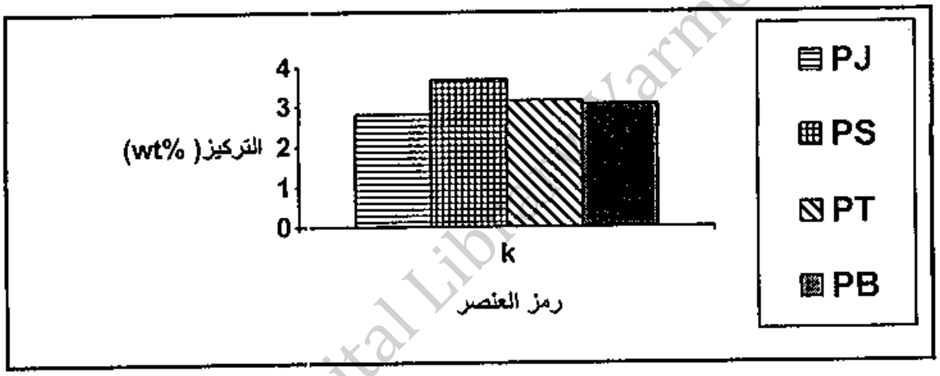
يلاحظ من الجدول أعلاه أن اغلبيه العناصر متقاربة في تركيزها في العينات الأربعة، كما في البوتاسيوم K والنحاس Cu والخارصين Zn والحديد Fe في العناصر المتوسطه، والسيزيوم Cs والرصاص pb والثوريوم Th واليورانيوم U في العناصر الثقيلة.

ويلاحظ توفر عنصر البوتاسيوم K بشكل واضح في العينات، وفيما يلي مقارنه لتراكيز العناصر في العينات.

4-3-2- A مقارنه تراكيز العناصر المتوسطه في عينات الفول

•البوتاسيوم (K)

يلاحظ أن تركيز عنصر البوتاسيوم متوفر في جميع العينات بشكل واضح، ويعتبر من العناصر الأساسية فيها، ويكون التركيز اكبر ما يمكن في الفول السوري، واقل ما يمكن في الفول الأردني كما هو واضح في الشكل (4-6).



الشكل(4-6): يبين مقارنه تركيز عنصر البوتاسيوم K في عينات الفول

*** الحديد (Fe)**

أن تركيز عنصر الحديد متوسط في العينات، هو متقارب في عينات الفول الإنجليزي و السوري، واكبر ما يمكن في الفول الإنجليزي. واقل تركيز له في الفول التركي، انظر الشكل (4-7).

***النيكل (Ni)**

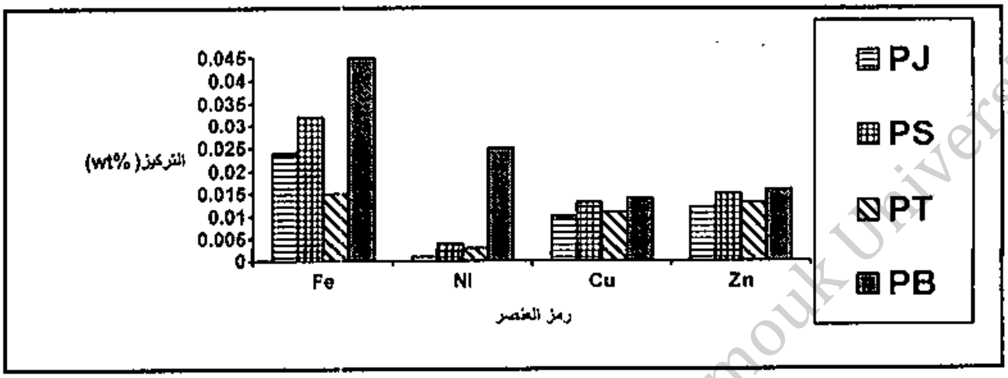
يلاحظ أن تركيز عنصر النيكل مميز في الفول الإنجليزي، وتركيزه متقارب وقليل في باقي العينات، انظر الشكل (4-7).

*** النحاس(Cu)**

نلاحظ أن تركيز النحاس عال ومتقارب في جميع العينات، وأعلى تركيز له في الفول الإنجليزي، واقل تركيز له في الفول الأردني، انظر الشكل (4-7).

*الخارصين (Zn)

إن تركيز عنصر الخارصين في عينات الفول الأربعة ايظاً عال, ومتقارب، وأعلى تركيز له في الفول الإنجليزي، واقل تركيز له في الفول الأردني، انظر الشكل (4-7).



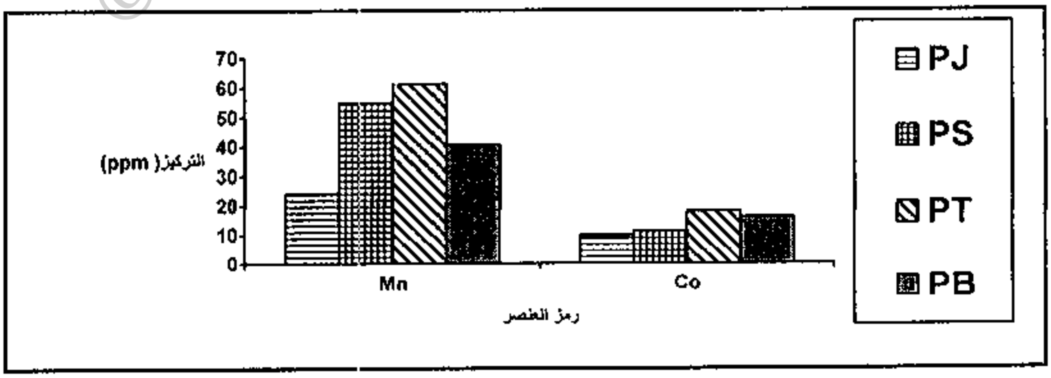
الشكل (4-7): يبين مقارنه تراكيز عناصر الحديد والنيكل والنحاس والخارصين في عينات الفول

* المنغنيز (Mn)

الشكل (4-8) يبين إن تركيز عنصر المنغنيز متوسط. في عينات الفول السوري والتركي والإنجليزي، واكبر ما يمكن في الفول التركي، واقل تركيز له في الفول الأردني. ومن خلال الانحراف المعياري يلاحظ أن هناك تفاوت في تركيزه.

*الكوبالت (Co)

إن تركيز عنصر الكوبالت متدني في العينات، واكبر تركيز له في الفول التركي، ثم يليه الفول الإنجليزي، بينما في الفول السوري والأردني فأن تركيزه متقارب وقليل، انظر الشكل (4-8).



الشكل (4-8): يبين مقارنه تراكيز عنصري المنغنيز والكوبالت في عينات الفول

كما ذكرنا سابقا فأن تراكيز العناصر المتوسطه في عينات الفول متقاربة، ويستثنى من ذلك عنصر المنغنيز Mn، لكن يلاحظ أن عينات الفول الإنجليزي تتميز بزيادة في تراكيز اغلبيه العناصر المتوسطه التي تم قياسها، ويلاحظ توفر عنصر النيكل Ni فيها دون العينات الأخرى.

ومن خلال المقارنة السابقة بين تراكيز العناصر في العينات، يتبين أن عينات الفول الأردني تحتوي على تراكيز قليلة من العناصر المتوسطه مقارنه مع العينات الأخرى. ويلاحظ أيضاً أن تراكيز أغلبية العناصر المقاسة في عينات الفول السوري والتركي متقاربة إلى حد كبير.

4-3-2- B مقارنه تراكيز العناصر الثقيلة في عينات الفول

***الكادميوم (Cd)**

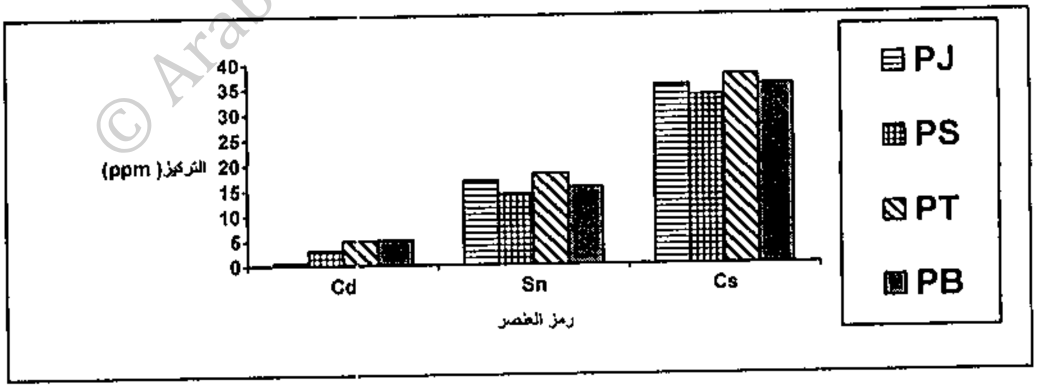
إن تركيز عنصر الكادميوم في العينات متدني ومتفاوت قليلاً، وأعلى تركيز له في الفول الإنجليزي والتركي، واقل تركيز في الفول الأردني، انظر في الشكل (4-9).

*** القصدير (Sn)**

يلاحظ وجود تقارب في تركيز عنصر القصدير في العينات الأربعة، وأعلى تركيز له في الفول التركي، واقل تركيز في الفول السوري، انظر الشكل (4-9)

*** السيزيوم (Cs)**

من الشكل (4-9) يتبين أن تركيز عنصر السيزيوم متوفر في العينات، وأعلى تركيز له في الفول التركي, وتركيزه متقارب في الفول الأردني والإنجليزي.



الشكل (4-9): يبين مقارنه تراكيز عناصر الكادميوم والقصدير والسيزيوم في عينات الفول

*الرصاص (Pb)

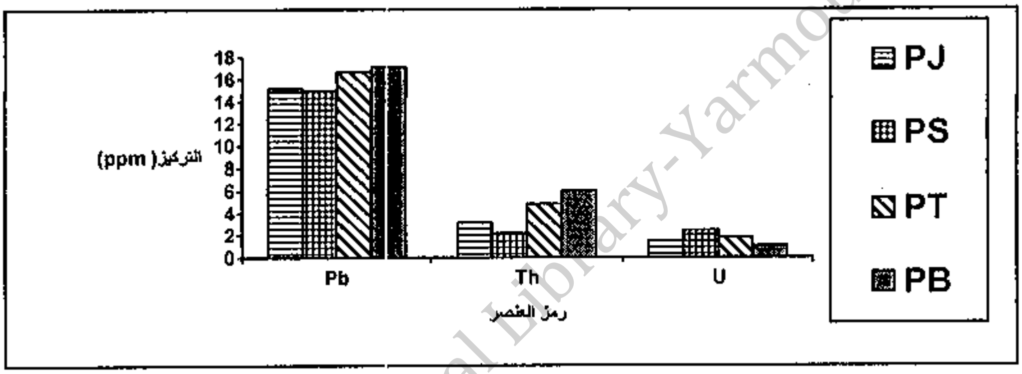
يلاحظ أن عنصر الرصاص متوفر في العينات ولا يوجد تفاوت كبير في تركيزه، واكبر تركيز له في الفول الإنجليزي، واقل تركيز في الفول السوري، انظر الشكل (4-10).

*الثوريوم (Th)

إن تركيز عنصر الثوريوم متدني ومتقارب في العينات، ويكون التركيز اكبر ما يمكن في الفول الإنجليزي، واقل ما يمكن في الفول السوري، انظر الشكل (4-10).

* اليورانيوم (U)

إن تركيز عنصر اليورانيوم في العينات ضئيل جداً، واكبر تركيز له في الفول السوري، واقل تركيز في الفول الإنجليزي، انظر الشكل (4-10)



الشكل (4-10): يبين مقارنه تراكيز عناصر الرصاص والثوريوم اليورانيوم في عينات الفول

يلاحظ من المقارنة السابقة أن عينات الفول جميعها يتوفر فيها كل من عنصر القصدير Sn والرصاص pb والسيزيوم Cs بشكل واضح، وقد يعزى ذلك إلى التلوث من المصادر المختلفة. حيث أن زيادة تراكيز مثل هذه العناصر في المواد الغذائيه يسبب الضرر للإنسان.

4-3-3 نتائج تحليل عينات العدس

يبين الجدول (4-4) نتائج تحليل عينات العدس، حيث تم اخذ عينتين من كل مصدر وإيجاد متوسط التركيز لكل واحد من العناصر الموجودة في العينة التي تم قياس تركيزها. وكذلك يبين الوسط الحسابي والانحراف المعياري لنتائج عينات العدس.

الجدول (4-4): متوسط تركيز بعض العناصر في عينات العدس

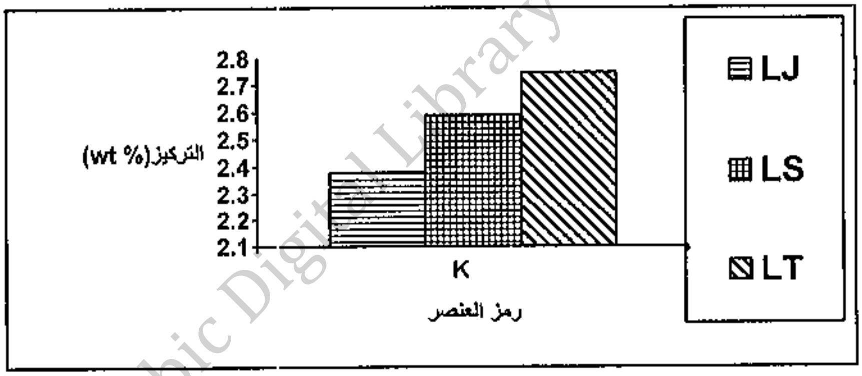
العينة / العنصر	LJ	LS	LT	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري
K wt%	2.38	2.59	2.747	2.572	0.184
Mn ppm	59	101	77	79.000	21.071
Fe wt%	0.049	0.031	0.036	0.039	0.009
Co ppm	19	52	64	45.000	23.302
Ni wt%	0.004	0.003	0.005	0.004	0.001
Cu wt%	0.013	0.014	0.012	0.013	0.001
Zn wt%	0.017	0.023	0.017	0.019	0.003
Cd ppm	1	2	3	2.000	1.000
Sn ppm	27	36	27	30.000	5.196
Cs ppm	4	16	28	16.000	12.000
Pb ppm	13	20	12	15.000	4.359
Th ppm	3	1	3	2.333	1.155
U ppm	1	1	3	1.667	1.155

يلاحظ من الجدول أعلاه أن العناصر في جميع العينات متقاربة في تركيزها، وخصوصاً في بعض العناصر المتوسطة كما في البوتاسيوم k والحديد Fe والنيكل Ni والنحاس Cu والخارصين Zn، وهنالك تفاوت واختلاف قليل في تراكيز بعض العناصر، كما في المنغنيز Mn والكوبالت Co والسيزيوم Cs والقصدير Sn، وفيما يلي مقارنه لتراكيز العناصر في العينات:

4-3-3-A مقارنه تراكيز العناصر المتوسطه في عينات العدس

***البوتاسيوم (K)**

يلاحظ أن تركيز عنصر البوتاسيوم يكون مرتفع ومتقارب في العينات، ويعتبر من العناصر الأساسية فيها، واكبر تركيز له في العدس التركي واقل تركيز في العدس الأردني، انظر الشكل (4-11).



الشكل(4-11): يبين مقارنه تركيز عنصر البوتاسيوم K في عينات العدس

*** الحديد (Fe)**

يلاحظ أن تركيز عنصر الحديد عالٍ في العينات الثلاث، واكبر تركيز له في العدس الأردني، واقل تركيز في العدس السوري، انظر الشكل (4-12).

النيكل (Ni)

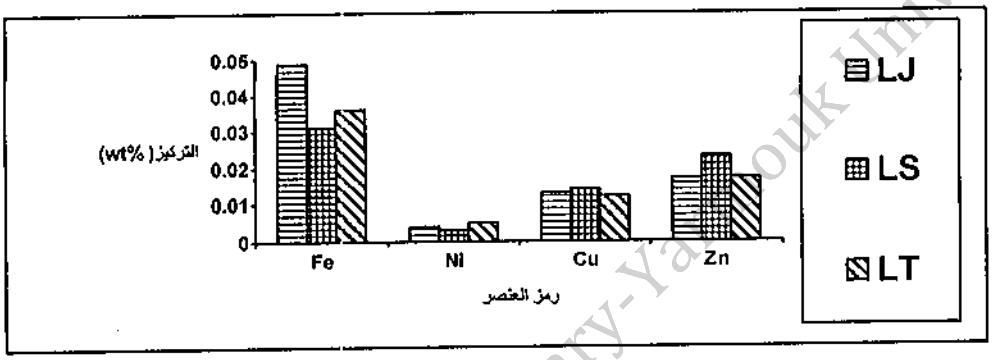
إن تركيز عنصر النيكل في العينات الثلاث متقارب ومتوسط، وأعلى تركيز كما هو واضح في العدس التركي، انظر الشكل (4-12).

* النحاس(Cu)

من الشكل (4-12) نلاحظ أن تركيز عنصر النحاس متوسط في العينات الثلاث، واكبر تركيز له في العدس السوري، واقل تركيز في العدس التركي.

*الخارصين (Zn)

إن أعلى تركيز للخارصين في العدس السوري، أما التركيز في العينات الأخرى متقارب، انظر الشكل (4-12).



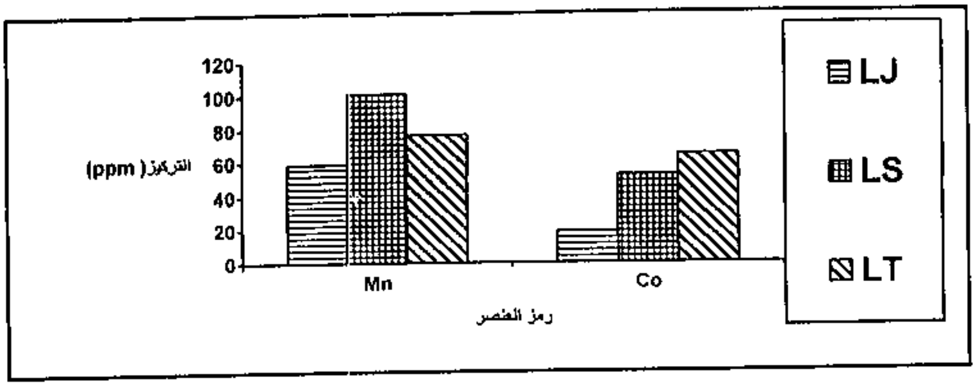
الشكل (4-12): يبين مقارنه تراكيز عناصر الحديد والنيكل والنحاس والخارصين في عينات العدس

* المنغنيز (Mn)

من الشكل (4-13) يتبين أن تركيز عنصر المنغنيز متوسط في العينات، ويلاحظ من خلال الانحراف المعياري أن هناك تفاوت في تركيزه، واكبر تركيز له في العدس السوري. واقل تركيز في العدس الأردني.

*الكوبالت (Co)

يلاحظ من خلال الانحراف المعياري أن هناك تفاوت في تركيز عنصر الكوبالت في العينات، إن أعلى تركيز له تكون في العدس التركي، واقل تركيز في العدس الاردني، انظر الشكل (4-13).



الشكل (4-13): يبين مقارنه تراكيز عنصري المنغنيز والكوبالت في عينات العدس

نلاحظ أن عينات العدس الأردني يتوفر فيها عنصر الحديد Fe بنسبه اكبر من العينات الأخرى، أما عينات العدس التركي يتوفر فيها كل من عنصر الكوبالت Co والنيكل Ni، ويعتبر العدس السوري غني بجميع العناصر المتوسطه التي تم قياسها.

4-3-3- B مقارنه تراكيز العناصر الثقيلة في عينات العدس

***الكادميوم (Cd)**

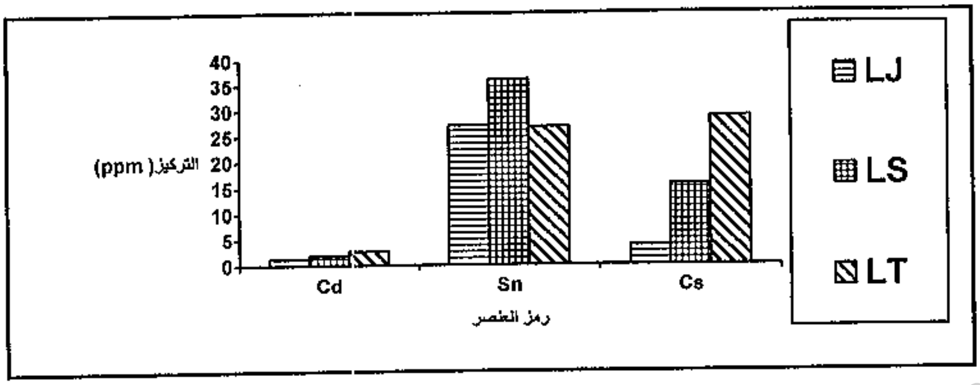
إن تركيز عنصر الكادميوم في العينات متدني، وأعلى تركيز له في العدس التركي، كما هو واضح في الشكل (4-14).

*** القصدير (Sn)**

يوجد تفاوت قليل في تركيز القصدير في العينات الثلاث، وأعلى تركيز له في العدس السوري، انظر الشكل (4-14).

*** السيزيوم (Cs)**

نلاحظ من الشكل (4-14) إن تركيز عنصر السيزيوم عال في العدس التركي عنه في باقي العينات، وهناك تفاوت في تركيزه كما هو واضح من الانحراف المعياري، وتركيزه اقل ما يمكن في العدس الأردني.



الشكل (4-14): يبين مقارنه تراكيز عناصر الكادميوم والقصدير والسيزيوم في عينات العدس

* الرصاص (Pb)

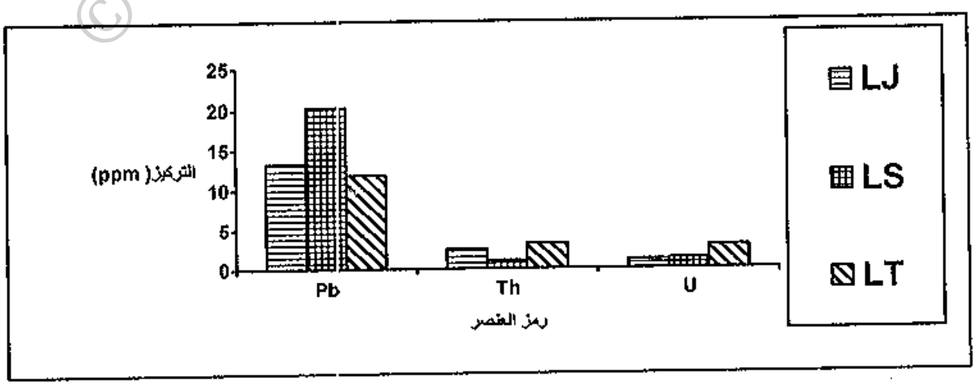
نلاحظ أن تركيز عنصر الرصاص عالٍ في عينات العدس السوري عنه في باقي العينات، أما وتركيزه في العينات الأخرى متقارب رغم وجود تفاوت بسيط في تركيزه في العينات، انظر الشكل (4-15).

*الثوريوم (Th)

إن تركيز عنصر الثوريوم يكون متدني في العينات، وأعلى تركيز له في العدس التركي، انظر الشكل (4-15).

* اليورانيوم (U)

من الشكل (4-15) يتبين أن تركيز عنصر اليورانيوم متدني في العينات، واكبر تركيز له في العدس التركي.



الشكل (4-15): يبين مقارنه تراكيز عناصر الرصاص والثوريوم اليورانيوم في عينات العدس

نلاحظ أن عينات العدس الثلاث تحتوي على تراكيز قليلة لكل من عنصر الكادميوم Cd والثوريوم Th واليورانيوم U، أما باقي العناصر الثقيلة فأن تراكيزها متوسطه.

ويلاحظ زيادة تراكيز كل من عنصر الرصاص Pb والقصدير Sn في عينات العدس السوري، وكذلك زيادة تراكيز كل من عنصر السيزيوم Cs والكادميوم Cd والثوريوم Th واليورانيوم U في عينات العدس التركي. أما بالنسبة لعينات العدس الأردني فان تراكيز العناصر فيها متوسط مقارنه مع العينات الأخرى.

4-3-4 نتائج تحليل عينات الحمص

يبين الجدول (4-5) نتائج تحليل عينات الحمص من ثلاث مصادر مختلفة، حيث انه كما في جميع العينات تم اخذ عينتين من كل مصدر وإيجاد متوسط التركيز لكل واحد من العناصر الموجودة في العينة التي تم قياس تركيزها.

الجدول (4-5): متوسط تركيز بعض العناصر في عينات الحمص

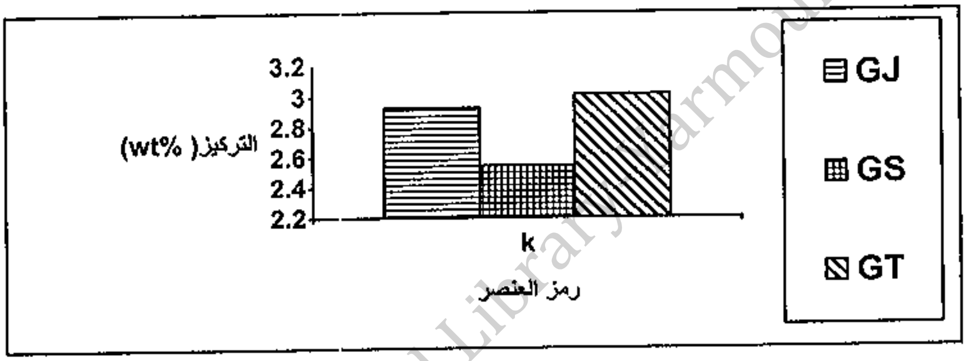
العينة / العنصر	GJ	GS	GT	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري
K wt%	2.929	2.543	3.015	2.829	0.251
Mn ppm	91	78	142	103.667	33.828
Fe wt%	0.04	0.035	0.04	0.038	0.003
Co ppm	23	34	12	23.000	11.000
Ni wt%	0.001	0.000	0.003	0.001	0.002
Cu wt%	0.012	0.009	0.015	0.012	0.003
Zn wt%	0.014	0.013	0.015	0.014	0.001
Cd ppm	1	1	1	1.000	0.000
Sn ppm	18	23	16	19.000	3.606
Cs ppm	8	8	5	7.000	1.732
Pb ppm	3	1	5	3.000	2.000
Th ppm	2	2	3	2.333	0.577
U ppm	1	1	1	1.000	0.000

يلاحظ من الجدول أعلاه أن العناصر المتوسطه في جميع العينات متقاربة في تركيزها، عدا عنصري المنغنيز والكوبالت، وان العناصر الثقيلة تكون قليلة التركيز عدا عنصر القصدير، وفيما يلي مقارنه لتراكيز العناصر في العينات:

4-3-4-A مقارنه تراكيز العناصر المتوسطه في عينات الحمص

***البوتاسيوم (K)**

يلاحظ أن تركيز عنصر البوتاسيوم يكون في العينات مرتفع، ويعتبر من العناصر الأساسية فيها، واكبر تركيز له في الحمص التركي، واقل تركيز له في الحمص السوري، وهناك تقارب في تركيزه في العينات، انظر الشكل (4-16).



الشكل(4-16): يبين مقارنه تركيز عنصر البوتاسيوم K في عينات الحمص

*** الحديد (Fe)**

إن تركيز عنصر الحديد متوفر ومتقارب في العينات الثلاث، واكبر تركيز له في الحمص التركي و الأردني. انظر الشكل (4-17).

***النيكل (Ni)**

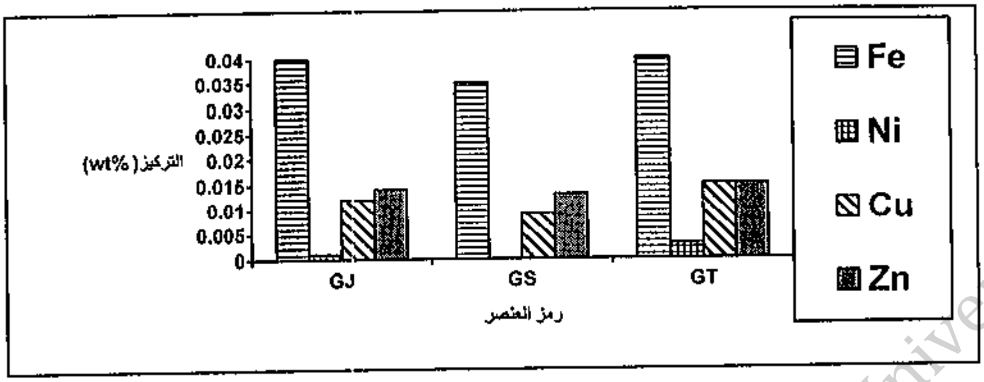
نلاحظ أن تركيز عنصر النيكل معدوم في الحمص السوري، وأعلى تركيز له في الحمص التركي، انظر الشكل (4-17).

*** النحاس(Cu)**

من الشكل (4-17) نلاحظ أن تركيز النحاس يكون اكبر ما يمكن في الحمص التركي ومتقارب في كل من الحمص السوري والأردني.

***الخارصين (Zn)**

إن تركيز عنصر الخارصين متقارب في العينات، وأعلى تركيز له في الحمص التركي، انظر الشكل (4-17).



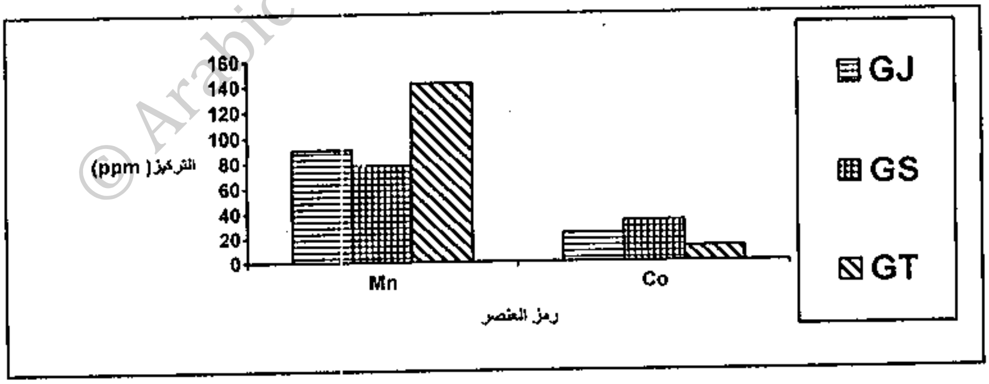
الشكل (4-17): يبين مقارنه تراكيز عناصر الحديد والنيكل والنحاس والخارصين في عينات الحمص

* المنغنيز (Mn)

من الشكل (4-18) يبين أن تركيز عنصر المنغنيز ستوسط في العينات، واكبر تركيز له في الحمص التركي. ويلاحظ كذلك من الانحراف المعياري وجود تفاوت في تركيزه في العينات.

*الكوبالت (Co)

إن تركيز عنصر الكوبالت في العينات متوسط، واكبر تركيز له في الحمص السوري، واقل تركيز في الحمص التركي، انظر الشكل (4-18).



الشكل (4-18): يبين مقارنه تراكيز عنصري المنغنيز والكوبالت في عينات الحمص

نلاحظ أن عينات الحمص السوري يتوفر فيها عنصر الكوبالت Co بنسبه اكبر من العينات الأخرى، ولا يتوفر فيه عنصر النيكل Ni.

أما عينات الحمص التركي غني بجميع العناصر المتوسطه التي تم قياسها. ويحتوي الحمص الأردني على تراكيز متوسطه من العناصر المتوسطه مقارنه مع العينات الأخرى.

4-3-4- B مقارنه تراكيز العناصر الثقيلة في عينات الحمص

***الكادميوم (Cd)**

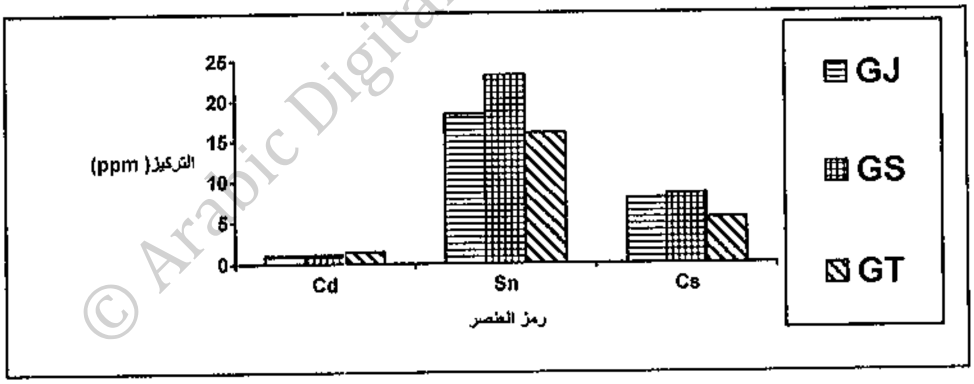
إن تركيز عنصر الكادميوم في العينات متدني، وأعلى تركيز له في الحمص التركي، كما هو واضح في الشكل (4-19).

*** القصدير (Sn)**

يوجد تفاوت قليل في تركيز عنصر القصدير في العينات الثلاث، وأعلى تركيز له في الحمص السوري، انظر الشكل (4-19).

*** السيزيوم (Cs)**

نلاحظ من الشكل (4-19) أن تركيز عنصر السيزيوم متدني ومتقارب في العينات.



الشكل (4-19): يبين مقارنه تراكيز عناصر الكادميوم والقصدير والسيزيوم في عينات الحمص

*** الرصاص (Pb)**

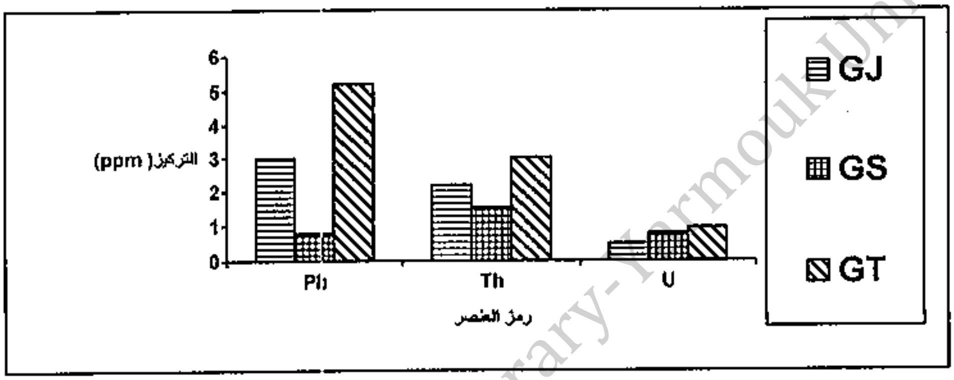
من الشكل (4-20) نلاحظ أن تركيز عنصر الرصاص يزيد في عينات الحمص التركي عنه في باقي العينات، وتركيزه اقل ما يمكن في عينات الحمص السوري.

*الثوريوم (Th)

نلاحظ أن تركيز عنصر الثوريوم متدني في العينات، واكبر تركيز له في الحمص التركي، واقل تركيز في االحمص السوري، انظر الشكل (4-20).

* اليورانيوم (U)

من الشكل (4-20) يتبين أن تركيز عنصر اليورانيوم ضئيل في العينات الثلاث، ولا يتعدى تركيزه 1 (ppm).



الشكل (4-20): يبين مقارنه تراكيز عناصر الرصاص والثوريوم اليورانيوم في عينات الحمص

نلاحظ أن عينات الحمص تحتوي على تراكيز قليلة لجميع العناصر الثقيلة التي تم قياس تراكيزها عدا عنصر القصدير Sn حيث يزداد تركيزه قايلا في العينات.

ويلاحظ زيادة تركيز اغلبيه العناصر الثقيلة في عينات الحمص التركي عنه في باقي العينات.

5-3-4 نتائج تحليل عينات القمح

يبين الجدول (4-6) نتائج تحليل عينات القمح، حيث، تم اخذ ثلاث عينات من القمح الأردني وثلاث عينات من القمح الأمريكي وإيجاد متوسط التركيز لكل واحد من العناصر الموجودة في العينة التي تم دراستها.

الجدول (4-6): متوسط تركيز بعض العناصر في عينات القمح

العنصر / العينة	WJ	WA
K wt%	1.012	0.943
Mn ppm	120	90
Fe wt%	0.039	0.027
Co ppm	19	22
Ni wt%	0.005	0.005
Cu wt%	0.010	0.011
Zn wt%	0.011	0.011
Cd ppm	1	1
Sn ppm	23	36
Cs ppm	20	12
Pb ppm	6	24
Th ppm	5	3
U ppm	1	1

يلاحظ من الجدول اعلاه أن هناك تقارب في تركيز كل من عنصر البوتاسيوم K والنيكل Ni والنحاس Cu والخارصين Zn في العناصر المتوسطة في عينات القمح المستخدمة، وكذلك تقارب في تركيز كل من عنصر الكادميوم Cd واليورانيوم U في العناصر الثقيلة. وفيما يلي مقارنه لتراكيز العناصر في العينات:

نلاحظ أن القمح الأردني غني في اغلبيه العناصر المتوسطة أكثر من القمح الأمريكي وهذا واضح في عنصر المنغنيز Mn والحديد Fe، ويلاحظ أن القمح الأمريكي غني بعنصر الكوبالت Co.

أما بالنسبة للعناصر الثقيلة فيلاحظ زيادة في تركيز كل من عنصر السيزيوم Cs والثوريوم Th في القمح الأردني ويمكن إيعاز هذه الزيادة إلى التلوث الحاصل للتربة.

يلاحظ كذلك زيادة في تركيز كل من عنصر القصدير Sn والرصاص pb في القمح الأمريكي بشكل واضح، وقد يكون السبب في ذلك التلوث للتربة أو في مياه الري أو المواد الحافظة المضافة إلى القمح الأمريكي.

4-4 مصداقية النتائج

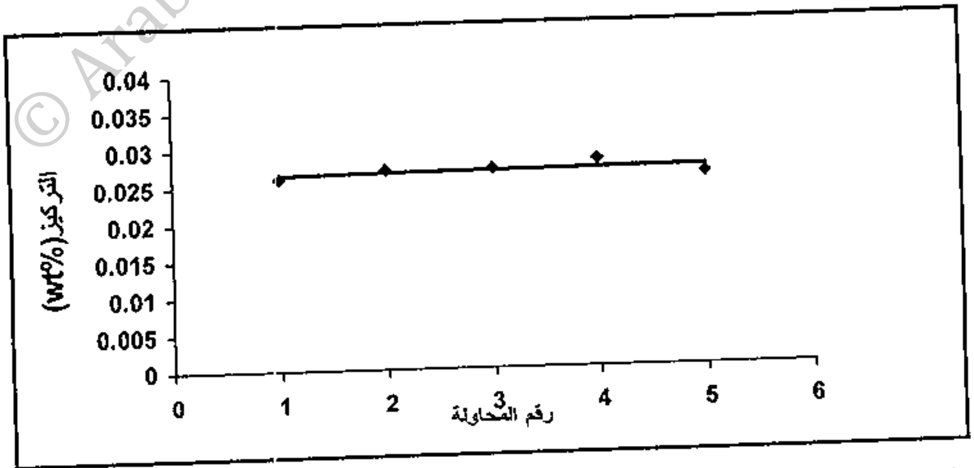
لإثبات صحة النتائج التي تم الحصول عليها ومدى دقتها قمنا بما يلي :

أولا : تم دراسة تركيز عنصر الحديد من العناصر المتوسطة في إحدى عينات الأرز الأمريكي خمس مرات في أوقات مختلفة، وتم الحصول على النتائج المبينة في الجدول (4-7) في هذه المحاولات.

الجدول (4-7): تركيز عنصر الحديد في محاولات مختلفة في إحدى عينات الأرز الأمريكي

رقم المحاولة	التركيز(wt%) (Fe)
1	0.026
2	0.027
3	0.027
4	0.028
5	0.026

وكما هو واضح من الجدول أعلاه فأن النتائج جميعها متقاربة في جميع المحاولات. وهذا واضح من الشكل (4-21).



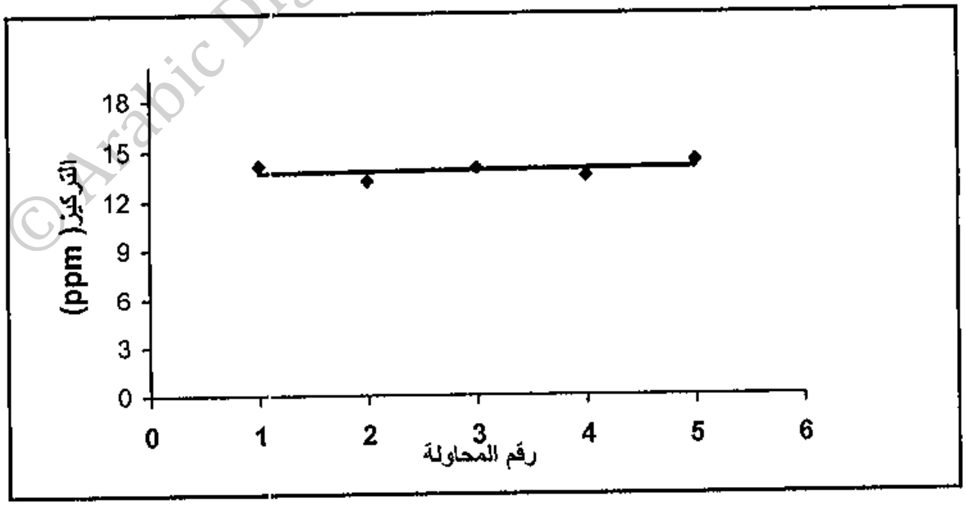
الشكل (4-21): تركيز عنصر الحديد في محاولات مختلفة في إحدى عينات الأرز الأمريكي

ثانيا : تم دراسة تركيز عنصر الرصاص من العناصر الثقيلة في إحدى عينات الأرز الأمريكي خمس مرات في أوقات مختلفة، وتم الحصول على النتائج المبينة في الجدول (4-8) في هذه المحاولات.

الجدول (4-8): تركيز عنصر الرصاص في محاولات مختلفة في إحدى عينات الأرز الأمريكي

رقم المحاولة	التركيز(ppm) (Pb)
1	14.13
2	13.24
3	14.00
4	13.52
5	14.42

وكما هو واضح من الجدول أعلاه فأن النتائج جميعها متقاربة في جميع المحاولات. وهذا واضح من الشكل (4-22).



الشكل (4-22): تركيز عنصر الرصاص في محاولات مختلفة في إحدى عينات الأرز الأمريكي

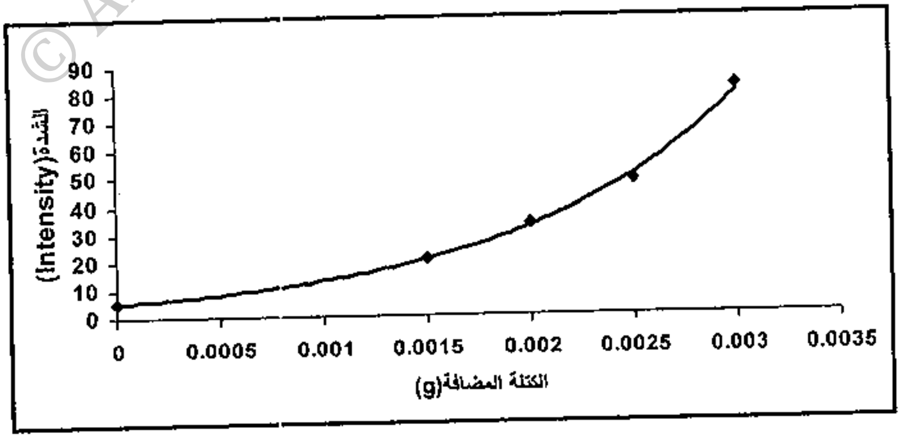
ثالثا : إضافة عنصر عالي النقاوة إلى إحدى العينات بأوزان ثابتة.

تم إضافة عنصر الخارصين Zn إلى عينات متساوية من الأرز الأمريكي. كما ذكرنا سابقا تم أخذ خمس عينات من الأرز الأمريكي، ورقمت العينات من 1 إلى 5 وتركت العينة رقم 1 دون إضافة، والعينات 2، 3، 4، 5 ، وتم إضافة عنصر الخارصين Zn إليها بالكميات 0.0015 ، 0.002 ، 0.0025 ، 0.003 على التوالي، وقياس الشدة للطيف الناتج عن الخارصين في العينات. ويبين الجدول (4-9) الكتلة المضافة من الخارصين(g) وشده الطيف (Intensity)التي تم الحصول عليها.

الجدول (4-9): الكتلة المضافة من الخارصين وشدة الطيف الناتج

الكتلة المضافة (g)	الشدة (Intensity)
0	5.24
0.0015	20.25
0.002	33.01
0.0025	48.08
0.003	82.01

يبين الشكل (4-23) العلاقة بين الكتلة المضافة من الخارصين (g) وشده الإشعاع (Intensity).



الشكل(4-23): يبين العلاقة بين شدة الطيف والكتلة المضافة من الخارصين

ويلاحظ من الشكل أعلاه الزيادة المنتظمة في شدة الطيف مع ازدياد الكتلة المضافة باوزان ثابتة.

الفصل الخامس

الاستنتاجات والتوصيات

- وجد أن عينات الحبوب التي تم مناقشتها تتصف بما يلي :

أولا : الأرز

1 – جميع عينات الأرز تحتوي على تراكيز متقاربة من العناصر المتوسطه، عدا عنصري الحديد والكوبالت حيث يزداد التركيز في الأرز الهندي.

2 ـ إن عينات الأرز الهندي تميزت عن باقي أنواع الأرز، وذلك من حيث احتوائها على أقل النسب من العناصر الثقيلة، وإنها غنية بالعناصر المتوسطه مثل الحديد والخارصين والكوبالت.

3 ـ يحتوي الأرز المصري والباكستاني على تراكيز مرتفعة نوعا ما من العناصر الثقيلة مثل الرصاص واليورانيوم.

ثانيا : الفول

1 ـ جميع عينات الفول تحتوي على تراكيز متقاربة من العناصر المتوسطه، باستثناء عنصر النيكل حيث يزداد تركيزه في الفول الإنجليزي.

2 ـ إن عينات الفول الإنجليزي تميزت عن باقي العينات من الفول، وذلك من حيث احتوائها على أعلى التراكيز من العناصر المتوسطه.

3 ـ إن عينات الفول جميعها تحتوي على تراكيز متقاربة من العناصر الثقيلة، ويتوفر فيها كل من عنصر القصدير والرصاص والسيزيوم بشكل واضح.

ثالثا : العدس

1 ـ جميع عينات العدس تحتوي على تراكيز متقاربة من العناصر المتوسطة.

2 ـ إن عينات العدس الأردني تميزت عن باقي العينات، وذلك من حيث احتوائها على أقل النسب من العناصر الثقيلة مقارنه مع العينات الأخرى.

3 ـ إن عينات العدس الثلاث تحتوي على تراكيز قليلة لكل من عنصر الكادميوم والثوريوم واليورانيوم ، أما باقي العناصر الثقيلة فإن تراكيزها متوسطة.

رابعا : الحمص

1 ـ إن العناصر المتوسطة في جميع عينات الحمص متفاوتة في تركيزها، وإن العناصر الثقيلة تكون قليلة التركيز.

2 ـ إن عينات الحمص السوري تميزت عن باقي العينات، وذلك لأنها تحتوي على أقل النسب من العناصر الثقيلة مقارنه مع العينات الأخرى.

خامسا : القمح

1 ـ إن القمح الأردني غني في أغلبية العناصر المتوسطة أكثر من القمح الأمريكي وهذا واضح في عنصر المنغنيز والحديد.

2 ـ إن القمح الأردني يتميز عن القمح الأمريكي لأنه غني في أغلبية العناصر المتوسطة، ويحتوي على أقل النسب من العناصر الثقيلة عدا عنصري والثوريوم السيزيوم.

- بعض العناصر التي وجدت في الحبوب بصورة غير طبيعية وخاصة العناصر الثقيلة، قد تكون من مصادر خارجية مثل الأسمدة وتلوث التربة ومياه الري.
- يعتبر الفول والعدس والحمص من الحبوب الغنية بعنصر البوتاسيوم، حيث يعتبر من العناصر الأساسية فيها.
- اخترنا في هذه الدراسة بعض العناصر المتوسطة والثقيلة لدراسة تركيزها، وتترك باقي العناصر لمن يريد أن يكمل الطريق في هذا المجال من البحث.
- يلاحظ أن هناك بعض العينات تحتوي على تراكيز مرتفعة نوعا ما من العناصر الثقيلة مثل الرصاص واليورانيوم كما في الأرز المصري، لذا أوصي عمل دراسة منفصلة على هذه الأنواع من مصادرها لمختلفة.

المراجع العربية

الجراح، زكريا. 1998. استخدام تألق الأشعة السينية في دراسة مكونات الحليب في الأسواق الأردنية رسالة ماجستير. غير منشورة. قسم الفيزياء، جامعة اليرموك، اربد،الأردن.

عبد الله، طارق. 1999. دراسة تراكيب عينات مائية أردنية باستخدام تقنية تألق الأشعة السينية. رسالة ماجستير. غير منشورة. قسم الفيزياء، جامعة اليرموك، اربد، الأردن.

السمارة، شادي. 2002. دراسة تراكيز بعض العناصر الثقيلة والمشعة في اللحوم المستهلكة في الأردن باستخدام تقنية تألق الأشعة السينية المتألقة ومطيافية جاما. رسالة ماجستير. غير منشورة. قسم الفيزياء، جامعة اليرموك، اربد، الأردن.

مصطفى، ك، م. 1988. الأطعمة ودورها في التغذية والجداول الغذائية، دار البحر الأبيض للنشر.

"شفاعمري"، رنا. 2003. دراسة تركيز عناصر ثقيلة ومتوسطة في بعض الأعشاب الطبية باستخدام تقنية تألق الأشعة السينية. رسالة ماجستير. غير منشورة. قسم الفيزياء، جامعة اليرموك،اربد، الأردن.

والمواقع التالية على شبكة الانترنت:

http:/ www.who.int/mediacentre
http:/ www.healthyeatingclub.com
http:/ www.webelements.com

المراجع الأجنبية

Alvarez, M. and Mazo-Gray, V. (1990). X-ray Spectrometry, Vol. 19, 285-290.

Anjos, M. J. Lopes, R. T. Jesus, E. F (2002). X-ray Spectrum, 31. PP120- 123

Debertin, K. Helmer, R. G. (1988). Gamma-and X-ray Spectrometry with Semiconductor Detectors. North Holland. Amsterdam.

Jenkins, R. (1980). an Introduction to X-ray Spectrometry, Heyden and Son, Ltd.

Morris, N. M. Clarke, M. A.. Tripp, V. W and Carpenter, F. (1976) J. Agric Food Chem. 24, 45.

Othman, A. (1982). Development of X-ray Fluorescence (XRF) Spectrometry for Analysis of Particulate Matter in the Atmosphere, University of Jordan, August.

Pellet P. and Shadarevian, S. (1970). Food Composition, American University of Beirut, Lebanon.

Saleh, N. S. AL-Salah. K. A. (1978). Methods in Physics Research, B32, PP.379-381.

Rayny, Series EDX-800HS, Instruction Manual.

Tertin, R. Claisse, F. (1982). Principles of Quantitative X-ray Fluorescence Analysis, Heyden and Son,Ltd.

Van R. G. Markowicz, A. (1993). Handbook of X-Ray Spectrometry, Marcel Dekker, Inc.

venturini, L. and Sordid, G. A. (1999). Radioactivity in and Committed Effective Dose from some Brazilian Foodstuffs. The Radiation Protection Journal, Vol. 76, No.3.

Abstract

Salem, Faris "Mohammad Ali" Faris. Study of concentrations of some heavy and medium elements in some consumed grains in Jordan using X-ray fluorescence (XRF). Master of Science Thesis in Physics, Department of Physics, Yarmouk University, 2006 (Supervisor: Dr. Khalid M. Abumurad).

We used Energy Dispersive X-ray Fluorescence (EDXRF) to study thirty-four samples of consumed grains in Jordan which include rice, chick-pea, lentil, hummus and wheat. The concentration of some of the heavy and mediate elements that are available in the samples have been extracted. The medium elements, which have been studied are the Potassium (K), Manganese (Mn), Iron (Fe), Cobalt (Co), Nickel (Ni), Copper (Cu) and Zinc (Zn). The heavy elements are Cadmium (Cd), Tin (Sn), Cesium (Cs), Lead (Pb), Thorium (Th), Uranium (U). The concentration of elements in the different samples have also been compared. The outcomes show through the comparison between the concentration of the element from the same kind and from other sources, that all samples are close in the concentration of the mediate elements, and different in the concentration of the heavy elements. The outcomes also show that the best kinds of grains that have been studied in terms of the Lowe concentration of the heavy elements, and increased concentration of the mediate elements are the Indian rice, the English chich-pea, the Jordanian lentil, the Syrian hummus and the Jordanian wheat.

Key ward : X-ray Fluorescence, medium elements, heavy elements, grains, Jordan